



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Mecánica

Área de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

CARROZADO, EQUIPAMIENTO Y CERTIFICACIÓN DE UNIDAD MÓVIL DE HEMODONACIÓN

Autor: Mario Salas García

Tutor: M^a Beatriz Ramírez Berasategui

Leganés, Octubre 2013

Agradecimientos

Durante el transcurso de la vida se atraviesan momentos buenos y otros no tanto, se ha de saber disfrutar de los primeros y superar los segundos. Quisiera dar las gracias a mi familia por su constante apoyo tanto en los momentos buenos como en los otros. Sin ellos no habría llegado a ser quien soy.

Quisiera dar las gracias a mi tutora, María, por su comprensión e infinita bondad.

Mencionar a mis amigos y compañeros, con quienes tantas experiencias he compartido.

A mis padres y hermanos.

Resumen

Cada minuto en España se llevan a cabo cinco transfusiones sanguíneas, más de seis mil cada día, además se estima que diariamente 80 vidas son salvadas y otras 375 recuperan su salud gracias a la donación de sangre, según señala la Federación Española de Donantes de Sangre.

A pesar de estas cifras, los bancos de sangre necesitan un mayor aporte de esta. Se pretende facilitar y acercar la posibilidad de donación a los donantes potenciales. Para conseguir este objetivo se diseñan las unidades móviles de hemodonación.

Una unidad móvil de este tipo es un vehículo con un equipamiento concreto que le permite desarrollar su función sanitaria. Los vehículos son los objetos que mayor normativa poseen de la Unión Europea, en los cuales hay que respetar los actos reglamentarios concernientes para garantizar la seguridad.

En el presente proyecto se lleva a cabo el diseño de una unidad móvil de donación de sangre. Partiendo de un bastidor de serie se diseña el carrozado y equipamiento de dicha unidad móvil de hemodonación, asegurándose de que respete toda la normativa vigente. Posteriormente se describe el procedimiento a seguir para su fabricación y las pruebas a realizar para obtener la homologación que le permita circular por las vías públicas.

Abstract

Five blood transfusions are conducted every minute in Spain, more than six thousand every day, and it is estimated that 80 lives are saved daily and 375 others regain their health through blood donation, says the Spanish Federation of Blood Donors .

Despite these figures, blood banks need greater contribution of this. It aims to facilitate and bring the possibility of donation potential to donors. To achieve this objective, mobiles blood donation unit are designed.

A mobile unit of this type is a vehicle with particular equipment that allows him to develop its health function. The vehicles are the objects that possess greater regulation of the European Union, in which you have to respect the regulatory acts relating to ensure safety.

In the present project is carried out the design of a mobile blood donation unit. Based from a serial rack, bodywork and equipment are designed of this mobile blood donation unit, ensuring the compliance with all the regulations. Then, the procedure for its manufacture is described, as well the testing to be performed to obtain approval that allows the driving on public roads.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	1
1.3 HISTORIA DE LA HEMODONACIÓN	2
1.4 SITUACIÓN ACTUAL	4
2 PROCEDIMIENTO DESARROLLO PROYECTO	6
2.1 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO	6
2.2 NORMATIVA APLICABLE	6
2.3 DESCRIPCIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LA REFORMA	7
2.4 VEHÍCULO OBJETO DE LA REFORMA	8
2.5 CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO TRAS LA REFORMA	11
3 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA REFORMA	14
3.1 PESOS Y DIMENSIONES	14
3.1.1 <i>Introducción</i>	14
3.1.2 <i>Dimensiones</i>	14
3.1.3 <i>Cálculo del reparto de pesos en los ejes delantero y trasero</i>	16
3.1.4 <i>Cálculo del reparto lateral de pesos</i>	20
3.1.5 <i>Comprobación de seguridad en la circulación</i>	23
3.2 CÁLCULO DE LA POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD	24
3.2.1 <i>Introducción</i>	24
3.2.2 <i>Posición longitudinal del centro de gravedad</i>	25
3.2.3 <i>Posición transversal del centro de gravedad</i>	27
3.2.4 <i>Altura del centro de gravedad</i>	28
3.3 ESTABILIDAD LONGITUDINAL Y LATERAL	29
3.3.1 <i>Comprobación de la seguridad en la circulación en pendiente ascendente</i>	29
3.3.2 <i>Estudio de la frenada</i>	30
3.3.3 <i>Estudio de la aceleración</i>	32
3.3.4 <i>Comprobación de la seguridad en la circulación en pendiente lateral</i>	34
3.4 ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A TORSIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DEL AUTOBÚS	36
3.4.1 <i>Introducción</i>	36
3.4.2 <i>Reglamentación aplicable</i>	39
3.4.3 <i>Influencia de la torsión en el vuelco de un autobús</i>	40
3.4.4 <i>Aplicación de Modelo de Elementos Finitos y obtención de la resistencia a torsión</i>	40
3.4.5 <i>Preprocesado</i>	42

3.4.6	<i>Solución</i>	44
3.4.7	<i>Postprocesado</i>	44
3.4.8	<i>Resultados</i>	45
3.4.9	<i>Conclusiones</i>	52
3.5	PRESTACIONES.....	52
3.5.1	<i>Velocidad máxima</i>	53
3.5.2	<i>Esfuerzo tractor máximo limitado por la adherencia</i>	54
3.5.3	<i>Rampa máxima</i>	55
3.6	ESTUDIO BÁSICO DE LA DINÁMICA LATERAL DEL VEHÍCULO	56
3.6.1	<i>Giro a baja velocidad</i>	56
3.6.2	<i>Estudio de velocidades de derrape y vuelco</i>	60
3.7	ESFUERZOS SOBRE EL BASTIDOR.....	65
3.7.1	<i>Cálculo del módulo resistente (W_x), momentos de inercia (I_x, I_y) del bastidor, momento polar y módulo resistente a torsión</i>	65
3.7.2	<i>Esfuerzos cortantes, momentos flectores y tensiones de trabajo a cortadura y a flexión resultantes en las distintas secciones del bastidor</i>	66
3.7.3	<i>Tensiones de trabajo máximas a cortadura, flexión y combinadas. Cálculo de coeficientes de seguridad</i>	67
3.8	ESTUDIO DE UNIONES SOLDADAS Y ATORNILLADAS	68
3.8.2	<i>Uniones atornilladas de la superestructura al bastidor</i>	70
3.8.3	<i>Uniones atornilladas en el interior de la unidad móvil</i>	75
4	PROCESO DE MONTAJE	77
4.1	INTRODUCCIÓN AL MONTAJE	77
4.2	PLIEGO DE CONDICIONES	77
4.2.1	<i>Prescripciones generales</i>	77
4.2.2	<i>Almacenamiento del vehículo</i>	78
4.2.3	<i>Instalación eléctrica</i>	78
4.2.4	<i>Perforaciones en el bastidor</i>	79
4.2.5	<i>Soldaduras en el bastidor</i>	80
4.2.6	<i>Elementos de fijación</i>	81
4.3	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	82
4.3.1	<i>Objetivo del estudio de seguridad</i>	82
4.3.2	<i>Riesgos profesionales</i>	82
4.3.3	<i>Prevención de riesgos</i>	83
4.3.4	<i>Normas de Seguridad para el basculamiento y transporte de mercancías</i>	83
4.3.5	<i>Normas de Seguridad para el empleo de grúas autocarga</i>	84
4.4	PROCESO MONTAJE	85
4.4.1	<i>Traslado del vehículo a la empresa carrocera</i>	85
4.4.2	<i>Modificación de la distancia entre ejes</i>	85
4.4.3	<i>Construcción de la superestructura</i>	86
4.4.4	<i>Revestimiento exterior</i>	87
4.4.5	<i>Unión de la superestructura al bastidor</i>	87
4.4.6	<i>Acondicionamiento interior inicial</i>	87
4.4.8	<i>Acondicionamiento exterior</i>	88
4.4.9	<i>Revestimiento interior final</i>	88
4.4.10	<i>Climatización</i>	90
4.4.11	<i>Instalación del equipamiento interior</i>	90
4.4.12	<i>Cristalería</i>	90
4.4.13	<i>Homologación</i>	90

5	HOMOLOGACIÓN	91
5.1	MARCADO DE VEHÍCULOS	91
5.2	VERIFICACIÓN DEL LÍMITE DE BASCULAMIENTO ESTÁTICO	91
5.3	RESISTENCIA DE LA SUPERESTRUCTURA	92
5.3.1	<i>Especificaciones y requisitos generales.....</i>	<i>92</i>
5.3.2	<i>Métodos de ensayo.....</i>	<i>93</i>
5.3.3	<i>Espacio de supervivencia.....</i>	<i>101</i>
5.3.4	<i>Interpretación de los resultados de los ensayos</i>	<i>102</i>
5.4	PREVENCIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO	102
5.4.1	<i>Compartimento del motor.....</i>	<i>102</i>
5.4.2	<i>Equipo e instalación eléctricos.....</i>	<i>103</i>
5.4.3	<i>Baterías.....</i>	<i>103</i>
5.4.4	<i>Extintores de incendios y botiquín de primeros auxilios.....</i>	<i>104</i>
5.4.5	<i>Materiales.....</i>	<i>104</i>
5.5	SALIDAS	104
5.5.1	<i>Número de salidas.....</i>	<i>104</i>
5.5.2	<i>Localización de las salidas.....</i>	<i>104</i>
5.5.4	<i>Requisitos técnicos para todas las puertas de servicio</i>	<i>105</i>
5.5.5	<i>Requisitos técnicos complementarios para las puertas de servicio automáticas</i>	<i>105</i>
5.5.6	<i>Marcas.....</i>	<i>106</i>
5.6	ACONDICIONAMIENTO INTERIOR.....	106
5.6.1	<i>Accesos a las puertas de servicio.....</i>	<i>106</i>
5.6.2	<i>Pasillos.....</i>	<i>107</i>
5.6.3	<i>Asientos de viajeros y espacio para viajero sentados</i>	<i>108</i>
5.7	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	110
5.8	ENTRETENIMIENTO VISUAL DE LOS VIAJEROS	110
6	PRESUPUESTO	111
6.1	ELABORACIÓN DEL PROYECTO	111
6.1.1	<i>Gasto de personal.....</i>	<i>111</i>
6.1.2	<i>Gastos en licencias y equipos de informática</i>	<i>112</i>
6.1.3	<i>Gastos adicionales.....</i>	<i>113</i>
6.1.4	<i>Presupuesto final elaboración proyecto.....</i>	<i>113</i>
6.2	PRODUCCIÓN DE LA HEMOTECA.....	114
7	PLANOS	118
8	CONCLUSIONES	125
9	BIBLIOGRAFÍA.....	126
	ANEXO	127

Índice de figuras

Capítulo 1

FIGURA1. 1 JEAN BAPTISTE DENIS	2
FIGURA1. 2 JAMES BLUNDELL	2
FIGURA1. 5 UNIDAD MÓVIL DE HEMODONACIÓN DURANTE LA II GUERRA MUNDIAL	3
FIGURA1. 3 VEHÍCULO ADAPTADO A HEMOTECIA DURANTE LA IIGM	3
FIGURA1. 4 TRASFUSIÓN DE SANGRE REALIZADA A UN MILITAR HERIDO EN BATALLA	3

Capítulo 2

FIGURA 2. 1 BASTIDOR	8
FIGURA 2. 2 FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO	9
FIGURA 2. 3 CARACTERÍSTICAS GENERALES VEHÍCULO	10
FIGURA 2. 4 LATERAL DERECHO DEL VEHÍCULO	12
FIGURA 2. 5 LATERAL IZQUIERDO DEL VEHÍCULO	13
FIGURA 2. 6 VISTA INTERIOR DEL VEHÍCULO	13

Capítulo 3

FIGURA 3. 1 ESQUEMA DEL VEHÍCULO	15
FIGURA 3. 2 ÁNGULOS DE ATAQUE Y SALIDA	15
FIGURA 3. 3 ÁNGULO VENTRAL	15
FIGURA 3. 4 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEBIDO A LA TARA	16
FIGURA 3. 5 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEBIDO AL CONDUCTOR Y LOS PASAJEROS	17
FIGURA 3. 6 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEBIDO A LA SUPERESTRUCTURA	17
FIGURA 3. 7 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEBIDO AL EQUIPAMIENTO	18
FIGURA 3. 8 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEBIDO AL MOBILIARIO	19
FIGURA 3. 9 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEBIDO A LA CARGA ÚTIL	19
FIGURA 3. 10 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS LATERAL DEBIDO A LA TARA	20
FIGURA 3. 11 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS LATERAL DEBIDO AL CONDUCTOR Y LOS PASAJEROS	21
FIGURA 3. 12 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS LATERAL DEBIDO A LA SUPERESTRUCTURA	21
FIGURA 3. 13 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS LATERAL DEBIDO AL EQUIPAMIENTO	22
FIGURA 3. 14 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS LATERAL DEBIDO AL MOBILIARIO	22
FIGURA 3. 15 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS LATERAL DEBIDO A LA CARGA ÚTIL	23
FIGURA 3. 16 POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE GRAVEDAD	26
FIGURA 3. 17 CARGAS DISTRIBUIDAS SOBRE EL BASTIDOR (ED TRIM)	26
FIGURA 3. 18 POSICIÓN TRANSVERSAL DEL CENTRO DE GRAVEDAD	27
FIGURA 3. 19. REPARTO DE CARGAS EN PENDIENTE ASCENDENTE	29
FIGURA 3. 20 VEHÍCULO EN DECELERACIÓN	30
FIGURA 3. 21 VEHÍCULO EN ARRANQUE	32
FIGURA 3. 22 REPARTO DE CARGAS EN PENDIENTE LATERAL HACIA LA DERECHA	34
FIGURA 3. 23 REPARTO DE CARGAS EN PENDIENTE LATERAL HACIA LA IZQUIERDA	35
FIGURA 3. 24 INFLUENCIA DE LA RIGIDEZ A TORSIÓN EN EL VUELCO [WINKLER (2000)]	37
FIGURA 3. 25 DETALLE DE LA SITUACIÓN DEL MOTOR	38
FIGURA 3. 26 SUPERESTRUCTURA DE UNA CARROCERÍA DE AUTOBÚS CON CHASIS	39
FIGURA 3. 27 SUPERESTRUCTURA DE UN AUTOBÚS	39

FIGURA 3. 28 VUELCO DE UN AUTOBÚS	40
FIGURA 3. 29 ELEMENTO BEAM44	43
FIGURA 3. 30 PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RIGIDEZ A TORSIÓN	44
FIGURA 3. 31 DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN EL PASO DE RUEDA DELANTERO DERECHO	46
FIGURA 3. 32 DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN EL PASO DE RUEDA DELANTERO IZQUIERDO	46
FIGURA 3. 33 DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN EL PASO DE RUEDA TRASERO DERECHO	47
FIGURA 3. 34 DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN EL PASO DE RUEDA TRASERO IZQUIERDO	47
FIGURA 3. 35 TORSIÓN PURA EN EL PASO DE RUEDA DELANTERO HORARIO	48
FIGURA 3. 36 TORSIÓN PURA EN EL PASO DE RUEDA DELANTERO ANTIHORARIO	48
FIGURA 3. 37 TORSIÓN PURA EN EL PASO DE RUEDA TRASERO HORARIO	49
FIGURA 3. 38 TORSIÓN PURA EN EL PASO DE RUEDA TRASERO ANTIHORARIO	49
FIGURA 3. 39 ZONAS TENSIONADAS DEL COSTADO DERECHO	51
FIGURA 3. 40 ZONAS TENSIONADAS DEL COSTADO IZQUIERDO	51
FIGURA 3. 41 GEOMETRÍA DE ACKERMAN	57
FIGURA 3. 42 GIRO DEL VEHÍCULO A BAJA VELOCIDAD	59
FIGURA 3. 43 MODELO BIDIMENSIONAL PARA EL CÁLCULO APROXIMADO DE LAS VELOCIDADES LÍMITE DE DERRAPE Y VUELCO	60
FIGURA 3. 44 PERFIL DEL BASTIDOR	65
FIGURA 3. 45 CORTANTE EN EL BASTIDOR	66
FIGURA 3. 46 MOMENTO FLECTOR EN EL BASTIDOR	67
FIGURA 3. 47 TIPO DE SOLDADURAS EN EL BASTIDOR	69
FIGURA 3. 48 TIPO DE UNIONES ATORNILLADAS DE LA UNIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA AL BASTIDOR	70
FIGURA 3. 49 CONCENTRACIÓN DE CARGAS EN EL CENTRO DE GRAVEDAD EN EL CHOQUE FRONTAL	72
FIGURA 3. 50 UNIÓN ATORNILLADA	75

Capítulo 5

FIGURA 5. 1 DISPOSICIÓN DEL VEHÍCULO EN EL ENSAYO DE VUELCO COMPLETO	94
FIGURA 5. 2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA TOTAL E^*	96
FIGURA 5. 3 DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTES DE LA SUPERESTRUCTURA	99
FIGURA 5. 4 ESPACIO DE SUPERVIVENCIA (SECCIÓN LATERAL)	101
FIGURA 5. 5 ESPACIO DE SUPERVIVENCIA (SECCIÓN LONGITUDINAL A-A)	102
FIGURA 5. 6 ACCESO A LAS PUERTAS DE SERVICIO	107
FIGURA 5. 7 PASILLOS	107
FIGURA 5. 8 DIMENSIONES DE LOS ASIENTOS PARA VIAJEROS	108
FIGURA 5. 9 PROFUNDIDAD Y ALTURA DE COJÍN	109
FIGURA 5. 10 DISTANCIA ENTRE ASIENTOS	109

Capítulo 7

FIGURA 7. 1 PLANO EXTERIOR LATERAL DERECHO	119
FIGURA 7. 2 PLANO EXTERIOR LATERAL IZQUIERDO	120
FIGURA 7. 3 PLANO EXTERIOR FRONTAL	121
FIGURA 7. 4 PLANO DISTRIBUCIÓN ACONDICIONAMIENTO INTERIOR	122
FIGURA 7. 5 DISTRIBUCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO	123
FIGURA 7. 6 ESQUEMA ELÉCTRICO	124

Índice de tablas

Capítulo 2

TABLA 2. 1 CARACTERÍSTICAS TRAS LA REFORMA	11
--	----

Capítulo 3

TABLA 3. 1 DIMENSIONES DEL VEHÍCULO REFORMADO	16
TABLA 3. 2 REPARTO DE CARGAS EN LOS EJES (Kg)	20
TABLA 3. 3 REPARTO LATERAL DE CARGAS	23
TABLA 3. 4 PORCENTAJE DE PESOS SOBRE EL EJE DELANTERO (MASAS EN Kg)	24
TABLA 3. 5 REPARTO DE CARGAS TRANSVERSAL DEL VEHÍCULO VISTO DESDE ATRÁS, KG	27
TABLA 3. 6 . POSICIONES PARCIALES DEL CENTRO DE GRAVEDAD	28
TABLA 3. 7 RIGIDEZ A TORSIÓN AL APLICAR UN DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE 15 MM A LA CARROCERÍA DEL AUTOBÚS SIN SUSPENSIÓN	50
TABLA 3. 8 MÁXIMO DESPLAZAMIENTO VERTICAL QUE SE PUEDE APLICAR EN LA CARROCERÍA DEL AUTOBÚS PARA QUE LA TENSIÓN NO SUPERE EL LÍMITE ELÁSTICO	50
TABLA 3. 9 PRESTACIONES DADAS POR EL FABRICANTE.....	53
TABLA 3. 10 RELACIONES DE TRANSMISIÓN	53
TABLA 3. 11 CONDICIONES DE DESLIZAMIENTO EN CURVAS.....	61
TABLA 3. 12 VELOCIDADES MÁXIMAS EN FUNCIÓN DE PERALTE, PENDIENTE Y RADIO DE CURVA	64
TABLA 3. 13 CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL BASTIDOR	65
TABLA 3. 14 TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD	68
TABLA 3. 15 TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD EN LAS UNIONES SOLDADAS	69
TABLA 3. 16 ENSAYOS DE CHOQUE SEGÚN NORMA UNE EN 1317-2	71
TABLA 3. 17 TORNILLOS UTILIZADOS	76

Capítulo 6

TABLA 6. 1 RESUMEN GASTOS DE PERSONAL	112
TABLA 6. 2 RESUMEN DE LICENCIAS Y EQUIPOS INFORMÁTICOS	112
TABLA 6. 3 GASTOS ADICIONALES.....	113
TABLA 6. 4 PRESUPUESTO FINAL ELABORACIÓN PROYECTO.....	113

1 Introducción

1.1 Objetivos

El objeto principal de este proyecto, cumpliendo con las especificaciones demandadas por la normativa, es describir y justificar la reforma realizada al vehículo en él referenciado, para obtener la autorización del mencionado vehículo para circular por las vías públicas.

Para ello, se requerirá la comprobación del cumplimiento de la legislación vigente y de las condiciones de seguridad y reglamentarias del vehículo.

1.2 Estructura del proyecto

El contenido de este proyecto se encuentra dividido en nueve capítulos, el primero de ellos constituido por la presente introducción, en el que se expondrá una breve situación del estado actual de de este tipo de proyectos.

En el capítulo 2 se describe el procedimiento a seguir para la realización del proyecto. Y se indica tanto la normativa aplicable como las características del vehículo antes y después de la reforma.

En el capítulo 3, se procede a realizar los cálculos justificativos requeridos por la normativa para el desarrollo de este proyecto.

En el capítulo 4, se expone el proceso de producción / montaje del vehículo, indicando los requerimientos básicos de seguridad y de condiciones de montaje.

En el capítulo 5, se describen las gestiones necesarias para obtener la homologación y permisos de circulación.

En el capítulo 6, se muestra y despliega el presupuesto tanto de la elaboración del proyecto como de fabricación del vehículo del que se está tratando.

En el capítulo 7, se incluyen los planos básicos del vehículo.

En el capítulo 8, se halla una breve conclusión sobre la realización y las variantes del proyecto.

Por último el capítulo 9 contiene un listado de las fuentes bibliográficas empleadas en el desarrollo del proyecto.

1.3 Historia de la hemodonación

Desde la antigüedad distintos pueblos y culturas han atribuido a la sangre innumerables propiedades, al considerarla un elemento vital y mágico. Considerando el antiguo concepto de que el ingreso de sangre en nuestro cuerpo da vida, el antecedente de la transfusión fue la ingesta de sangre para adquirir fortaleza y otras cualidades.

Durante siglos fueron aceptados los beneficios y “efectos milagrosos” de la sangría (extracción de sangre). Esta técnica era utilizada por diversas civilizaciones como la egipcia, babilónica, hindú, china y en la América precolombina. Apoyándose en la medicina galénica, la medicina occidental consideraba que el ejercicio de esta técnica podía eliminar las enfermedades. Esta técnica se estuvo realizando hasta el siglo XIX.

El descubrimiento de la circulación de la sangre representó un paso importante para que se comenzase a atribuir a la sangre su verdadero papel en la fisiología del organismo. Los primeros estudios se atribuyen a IBN-AL-NAFIS (1200), Aunque no sería hasta el siglo XVII cuando se realizarían los mayores avances en este frente de investigación.

Todos estos progresos dieron lugar a la primera transfusión entre animales, concretamente dos perros, realizada por Richard Lowert en 1665. Los buenos resultados obtenidos en como en los sucesivos experimentos realizados fueron alentadores y animaron a intentar la primera transfusión a seres humanos. Siendo la primera documentada practicada por Jean Baptiste Denis en 1667, quien transfirió sangre de oveja a un joven. El resultado fue fatal, intervino la justicia prohibiendo dichas prácticas; esto ocasionó el abandono de su práctica hasta el siglo XIX, pero no los estudios experimentales.



Figura1. 1 Jean Baptiste Denis



Figura1. 2 James Blundell

La primera transfusión entre humanos se atribuye al británico James Blundell en 1818. Tras ella resurgió la curiosidad en esta práctica y se realizaron grandes avances experimentales, tales como la solución a la coagulación y el descubrimiento de las compatibilidades, generándose el sistema de grupos AB0.

Inicialmente para realizarse una transfusión se requería que tanto el donante como el receptor coincidiesen en el lugar y tiempo en que se realizase, estando ambos unidos por el sistema de transfusión pertinente. Fue en 1914 cuando E. Merlo llevó a cabo la primera transfusión indirecta en humanos. Gracias a este avance junto con los relevantes al almacenamiento y conservación de la sangre se dio paso al actual sistema de transfusiones, creándose los primeros depósitos de sangre.

Fue durante la II Guerra Mundial cuando el ritmo de los avances se incrementó y se popularizó la técnica, convirtiéndose en una actividad cotidiana y se comenzaron a crear 'Bancos de Sangre'. Para abastecer dichos depósitos y la creciente demanda de sangre, empezó a buscar la forma de hacer llegar al pueblo la necesidad de colaborar, siendo donantes, a la vez que se buscó la manera de facilitar y acercar la posibilidad de donar a todas las personas. En 1921 la Cruz Roja de Londres había creado un Servicio de Donantes Ambulantes. Durante la II Guerra Mundial se comenzó



Figura1. 4 Trasfusión de sangre realizada a un militar herido en batalla



Figura1. 3 Vehículo adaptado a hemoteca durante la IIGM

a practicar la donación de sangre fuera de las clínicas y hospitales, generalizándose el término de unidad móvil de donación de sangre. Inicialmente cualquier lugar era apto para realizar extracciones de sangre, fue la necesidad de asegurar la conservación de la sangre y de facilitar el traslado de esta lo que llevó a instalarlas en vehículos adaptados para esta práctica.



Figura1. 5 Unidad móvil de hemodonación durante la II Guerra Mundial

La primera normativa nacional sobre donación de sangre apareció en el Decreto de 1975. Publicándose una modificación en el Real Decreto de 1985.

La siguiente y última modificación legislativa está dictada en el Real Decreto de 2005, donde se establecen los requisitos técnicos y condiciones mínimas de la hemodonación y de los centros y servicios de transfusión.

1.4 Situación actual

Una unidad móvil de hemodonación ejerce dos funciones, como centro de extracción de sangre y como vehículo. Es por ello que ha de cumplir la normativa propia de cada funcionalidad.

En el apartado sanitario ya se ha mencionado que el actual marco legislativo se contempla en el Real Decreto 1088/2005 del 16 de Septiembre. En este decreto se especifican los materiales aptos para la construcción, los componentes necesarios a instalar y se describen las características en la distribución del interior del habitáculo.

En el apartado móvil, los vehículos son los productos con mayor reglamentación de la Unión Europea. Se debe respetar tanta normativa para garantizar la seguridad de los tripulantes y de las personas y estructuras que interaccionen con el vehículo. Centrándose en el caso concreto del carrozado de un autobús como el que se desarrolla en este proyecto, este procedimiento constituye una reforma de vehículo.

A principios de 2011, entró en vigor una reforma legislativa que trataba de adecuar la normativa sobre homologaciones a la Directiva Marco 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007. Dicha regulación comunitaria creaba un marco sobre homologaciones de los vehículos a motor y los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos. De ese modo, tanto los camiones como los autobuses –hasta entonces regulados por leyes nacionales- quedan también incluidos en esta legislación de ámbito europeo.

Para adaptar este marco europeo a la legislación española, se ha aprobado el Real Decreto 866/2010 de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, que entró en vigor el 14 de enero de 2011. El espíritu de dicha norma busca garantizar la seguridad pasiva y activa, así como el respeto al medio ambiente.

Hay que tener en cuenta que los criterios de lo que es una reforma se endurecen. Lo más destacado sería la desaparición del concepto de *“reforma de importancia”*, siendo ahora sustituido por el más amplio *“reforma de vehículo”*. Desde el 14 de enero de 2011 una reforma de vehículo sería *“Toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación y en remolques ligeros después de ser autorizados a circular, que o bien cambia alguna de las características del mismo, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentariamente aplicables contenidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio. Este término incluye cualquier actuación que implique alguna modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo.”*

Acatando la actual normativa, para proceder con el desarrollo del proyecto se debe comprender que partiendo de un bastidor de fabricante (como es el caso), este ha de ser matriculado inicialmente y toda modificación a realizar posteriormente se ha de tratar como reforma de vehículo.

2 Procedimiento desarrollo proyecto

2.1 Descripción del desarrollo

De acuerdo con la normativa legal vigente, como se ha expuesto en el apartado 1.4, toda modificación del vehículo debe figurar en la correspondiente ficha técnica del vehículo. Cualquier modificación realizada ha de realizarse como reforma del vehículo tras la matriculación del mismo.

Debido a esto para el desarrollo y fabricación del vehículo que nos concierne, deberemos partir de un vehículo de serie, descrito en el apartado 2.4. Basándonos en las características de dicho vehículo inicial, se elaborará una reforma de vehículo realizando los cálculos justificativos demandados legalmente para dicho tipo de reforma.

Una vez justificado numéricamente que el modelo de reforma cumple los requisitos legales se procederá al montaje/producción de los componentes que desarrollan la reforma, según los pasos previstos en el diseño de montaje.

Una vez terminado el vehículo, este deberá pasar las pruebas pertinentes para obtener la homologación que le acredite el permiso de circulación.

2.2 Normativa Aplicable

Para la realización y posterior ejecución de este Proyecto Técnico se han tenido en cuenta las siguientes reglamentaciones y normativas:

- REAL DECRETO 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- REAL DECRETO 339/1990, de 2 de marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vía.

- Normas específicas sobre carrozado y reformas establecidas por el fabricante del vehículo.
- Norma UNE 26-192/87 por la que se establecen las tolerancias para cada categoría de vehículo.
- Real Decreto 1088/2005 del 16 de Septiembre, para la regularización de la actividad y propiedades de la localización relativas a la extracción y transfusión de sangre.
- Manual de reformas de vehículo, abril 2011.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales.
- Directiva 2001/85 CE.
- Reglamentos nº33, 66 y 80 de UNECE.

2.3 Descripción y tipificación de la reforma

Según el Real decreto 866/2010, de 2 de julio, la reforma a llevar a cabo es considerada una reforma 25, referente a las transformaciones que afectan a la resistencia de las carrocerías o a su acondicionamiento interior.

Concretamente, la reforma realizada al vehículo objeto del presente proyecto consiste en el carrozado y acondicionamiento del vehículo descrito como autohemoteca.

Una vez realizada la reforma al vehículo no se sobrepasan las Masas Técnicas Máximas Admisibles para las que fue homologado el vehículo, por lo que los sistemas de dirección, suspensión, frenos y neumáticos no precisan estudio adicional.

2.4 Vehículo objeto de la reforma

Los datos del vehículo antes de llevarse a cabo la reforma son los siguientes:

- MARCA: Iveco Irisbus
- MODELO: Eurorider C38 ER
- Nº BASTIDOR: ZCNAD40TP8P458126
- MATRÍCULA: 8698 GPT

En las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se muestra la ficha técnica y características del vehículo descrito, usándose la variante con motor de 380 CV.

FICHA TÉCNICA DEL FABRICANTE

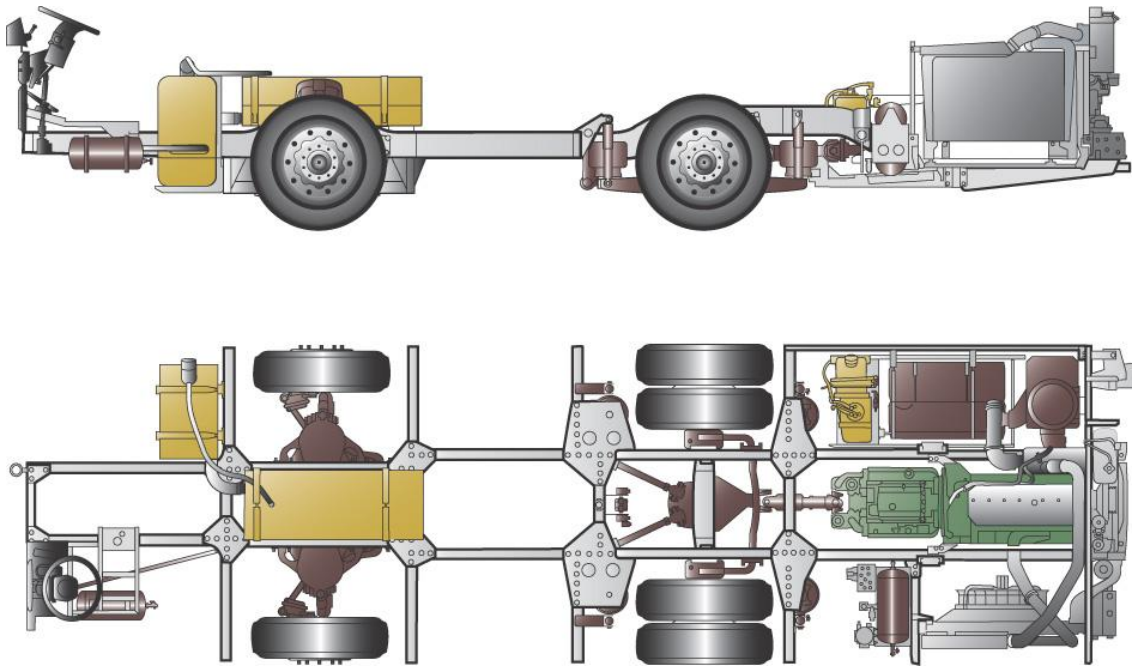


Figura 2.1 Bastidor

EURORIDER C38 ER / C38A ER / C45 ER / C38 SRI / C38A SRI / C45 SRI

MOTOR
IVECO CURSOR 10 Euro 5 (SCR)
Disposición vertical, montaje longitudinal en voladizo posterior.
Ciclo Diesel, inyección directa, 4 tiempos, refrigerado por agua.
Turbocompresor de geometría variable (VGT) e intercooler.
6 cilindros en línea, 4 válvulas por cilindro.
Diámetro x carrera: 125 x 140 mm.
Cilindrada 10.308 cm³.
Peso en seco: 860 kg.
Inyección a alta presión gestionada electrónicamente.
Arranque en frío automático, calentador en colector de admisión.
Compresor y bomba servodirección accionados por engranaje.
Filtro de aire de gran capacidad con avisador de colmatación.
Arranque y paro manual desde zona motor.
Limitador de velocidad gestionado a través de la unidad electrónica central.
Freno motor por descompresión.
Emisiones gaseosas Euro 5 según Directiva (88/77*2005/78/CE).
Tecnología SCR (reducción catalítica selectiva) con inyección de AdBlue.
Versión 380 CV:
Potencia máxima: 280 kW (~380 CV) a 2.100 r.p.m.
Par máximo: 1.600 Nm (~163 kgm) a 1.000 r.p.m.
Consumo mínimo específico (a plena carga): ~190,9 g/kWh a ~1.220 r.p.m.
Versión 450 CV:
Potencia máxima: 331 kW (~450 CV) a 2.100 r.p.m.
Par máximo: 2.100 Nm (~214 kgm) a 1.050 r.p.m.
Consumo mínimo específico (a plena carga): ~191,3 g/kWh a ~1.440 r.p.m.
Opcional:
• Dispositivo de rellenado automático del aceite motor
• Nivel de emisiones EEV (SCR: SCR + filtro de partículas)

EMBRAGUE
Monodisco en seco de 17" (430 mm) de diámetro.
Accionamiento hidráulico con asistencia neumática, tipo pull.
Dispositivo de ajuste automático del juego.

CAJA DE CAMBIOS
ZF 6S 1600 / 1601 (sólo para versión 380 CV)
Cambio mecánico manual sincronizado.
Mando tipo Joy-Stick.
Seis marchas adelante y marcha atrás.

1ª	1 : 7,72	3ª	1 : 2,66	5ª	1 : 1,28	
2ª	1 : 4,42	4ª	1 : 1,79	6ª	1 : 1,00	
					M.A.	1 : 7,10

VOITH D864.5 (sólo para versión 380 CV)
Cambio automático, convertidor de par.
Selección por botonera en el tablero del puesto de conducción.
Ralentizador hidráulico integrado.
Dispositivo NBS (puesta automática en punto muerto en paradas).
Dispositivo de seguridad (centralita de emergencia).
Cuatro marchas adelante y marcha atrás.

1ª	1 : 4,90	3ª	1 : 1,00
2ª	1 : 1,36	4ª	1 : 0,73
		M.A.	1 : 4,10

Opcional:
• Pulsadores DNR (sólo con cambio automático)

ZF 12 Astronic 2301 (sólo para versión 450 CV)
Cambio mecánico, mando automatizado electroneumático.
Mando tipo Joy-Stick y display para indicaciones de funcionamiento.
Función automática de puesto en punto muerto en paradas.
Doce marchas adelante y marcha atrás.

1ª	12,33	4ª	5,78	7ª	2,70	10ª	1,26	
2ª	9,59	5ª	4,56	8ª	2,10	11ª	1,00	
3ª	7,43	6ª	3,55	9ª	1,63	12ª	0,78	
							M.A.	11,41

EJE DELANTERO
Versión ER (Eje Rígido)
Eje rígido IVECO 5876. Fijación del eje al bastidor del tipo paralelogramo mediante dos brazos de reacción superiores y dos brazos de reacción inferiores.
Versión SRI (Suspensión de Ruedas Independientes)
De ruedas independientes ZF RL75 E. Fijación de cada rueda al bastidor del tipo paralelogramo mediante un triángulo superior y un triángulo inferior.

EJE TRASERO
Portante de simple reducción MC13-165. Fijación del puente al bastidor del tipo paralelogramo con dos brazos de reacción longitudinales inferiores y dos brazos de reacción superiores en forma de "V".

CHASIS
En acero de alto límite elástico.
Largueros de ancho constante conformados sobre eje anterior (anchura 654 mm) y sobre eje posterior (anchura 856 mm) con cortelos superiores e inferiores soldados a estructura central modulable.
Apto para carrozado modular, con posibilidad de definir la distancia entre ejes.

DIRECCIÓN Y RUEDAS
Dirección ZF 8098, con servoasistencia hidráulica, de reducción variable.
Volante regulable en altura e inclinación, diámetro 470 mm.
Bloqueo de dirección (con extracción de la llave).
Llantas de aluminio ALCOA, dimensiones 8,25 x 22,5".
Neumáticos tubeless 295/80R22,5".

SUSPENSIÓN
Neumática integral. Regulación de altura continua y automática, independientemente de las condiciones de carga.
Sistema Electrónico de Regulación de la Suspensión (de serie): Amortiguamiento lateral derecho (Kneeling), sistema de elevación y bajada del vehículo, corrector electrónico de la alineación.
Eje anterior (versiones ER y SRI):
Compuesto por 2 cojines de aire, 2 amortiguadores de doble efecto, barra estabilizadora y válvula niveladora en el centro del eje.
Eje posterior:
Compuesto por 4 cojines de aire, 4 amortiguadores de doble efecto, barra estabilizadora y 2 válvulas niveladoras.

FRENOS
Freno de servicio y emergencia:
Neumático, de doble circuito, uno para cada eje.
Mando de pedal que actúa sobre todas las ruedas.
Eje delantero: De disco, $\Phi = 432$ mm (superficie de frenado: 816 cm²).
Eje trasero: De disco, $\Phi = 432$ mm (superficie de frenado: 816 cm²).
Sensores eléctricos de desgaste de las juntas en los dos ejes.
Dispositivo de recuperación automática de desgaste de pastillas.
ABS: Antilock Braking System (sistema antibloqueo de frenos).
ASR: Anti Slip Regulator (sistema de control de tracción).
Freno de emergencia. Actúa sobre el circuito sin avería.
Freno de estacionamiento:
Aplicado sobre las ruedas traseras.
Actuador mecánico de resorte, con mando neumático de mano.
Ralentizador:
Freno motor por descompresión.
Ralentizador hidráulico ZF INTARDER con caja ZF 6S 1601.
Ralentizador hidráulico integrado en caja Voith D864.5.
Ralentizador hidráulico ZF INTARDER con caja ZF 12 Astronic 2301.
Mando único por palanca bajo el volante y en pedal de freno.
Freno de parada.
Dispositivo de bloqueo del vehículo con puertas abiertas.
Opcional:
• Desbloqueo neumático de emergencia del freno de estacionamiento
• Freno de parada con pulsadores
• EBS: Sistema de control electrónico de frenado (sólo versión SRI)
• ESP: Programa electrónico de estabilidad (sólo versión SRI)

SISTEMA NEUMÁTICO
Toma de aire del tubo de aspiración motor.
Compresor bicilíndrico de 630 cm³.
Secador de aire con decantador centrífugo y regulador de presión.
Toma para control de la presión y otra para inflado de neumáticos.
3 calderines de 25 litros (reserva freno anterior, reserva freno posterior y servicios: sistema de puertas, suspensión neumática). Calderín de 20 litros con cambio de velocidades Astronic.

SISTEMA ELÉCTRICO
Baterías: 2 de 220 Ah (12 V), sin mantenimiento.
Alternadores: 80+140 A (28 V), con regulador electrónico.
Motor de arranque: 5,5 kW.
Protección de circuitos mediante fusibles.
Desconector de baterías (en llave de contacto y arranque).
Toma de corriente en vano motor (para lámpara de inspección).
Mando central de emergencia.
Limitador de velocidad a 100 km/h según normas CEE.
Cruise Control; integrado con limitador de velocidad.
Opcional:
• Mandos navegación display en el volante
• Predisposición Radio-CD con mandos en el volante
• Predisposición etilómetro conductor

DOTACIÓN
Tacógrafo digital VDO.
Caja de herramientas, calzos, gato, triángulos de señalización, argolla de enganche, rueda de repuesto (suministrada suelta).
Elevación puesto de conducción.
Dos depósitos de combustible de 280 + 160 l (~440 litros) en versión ER.
Dos depósitos de combustible de 260 + 240 l (~500 litros) en versión SRI.
Depósito de AdBlue de 60 litros.
Opcional:
• Depósito de combustible en acero inoxidable
• Sin depósito de combustible (garrafora para desplazamientos) en versión SRI
• Depósito de AdBlue calefactado
• Tapón de apertura rápida en depósito (tipo CAF)
• Tacógrafo digital ACTIA

380 CV	3,07 (serie)	3,21 (opcional)	3,42 (opcional)				
ZF 6S 1600/1601	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	
1ª	7,72	35,6	17	37,5	16	40,5	15
6ª	1,00	3,04	130 (3)	3,25	125 (3)	3,5	117 (3)

380 CV	4,56 (serie)	4,89 (opcional)	5,12 (opcional)				
VOITH D 864.5E	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	
1ª	4,90	33,25	18	36	17	38	16
4ª	0,73	3,42	120 (3)	3,78	112 (3)	4,03	107 (3)

450 CV	3,21 (opcional)	3,42 (serie)	3,73 (opcional)				
ZF 12 Astronic	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	
2ª	9,59	71,7	10	79	9,5	81	9
12ª	0,78	3,36	160 (3)	3,68	150 (3)	4,15	138 (3)

(1) % pendiente máxima superable
(2) V máx. teórica a régimen de máxima potencia
(3) Limitador de velocidad a 100 km/h
Nota: Se calcula con el neumático 295/80R22,5" y peso total de 18.000 kg.
Nota: Para más información, por favor, contacte con nosotros

Figura 2. 2 Ficha técnica del vehículo

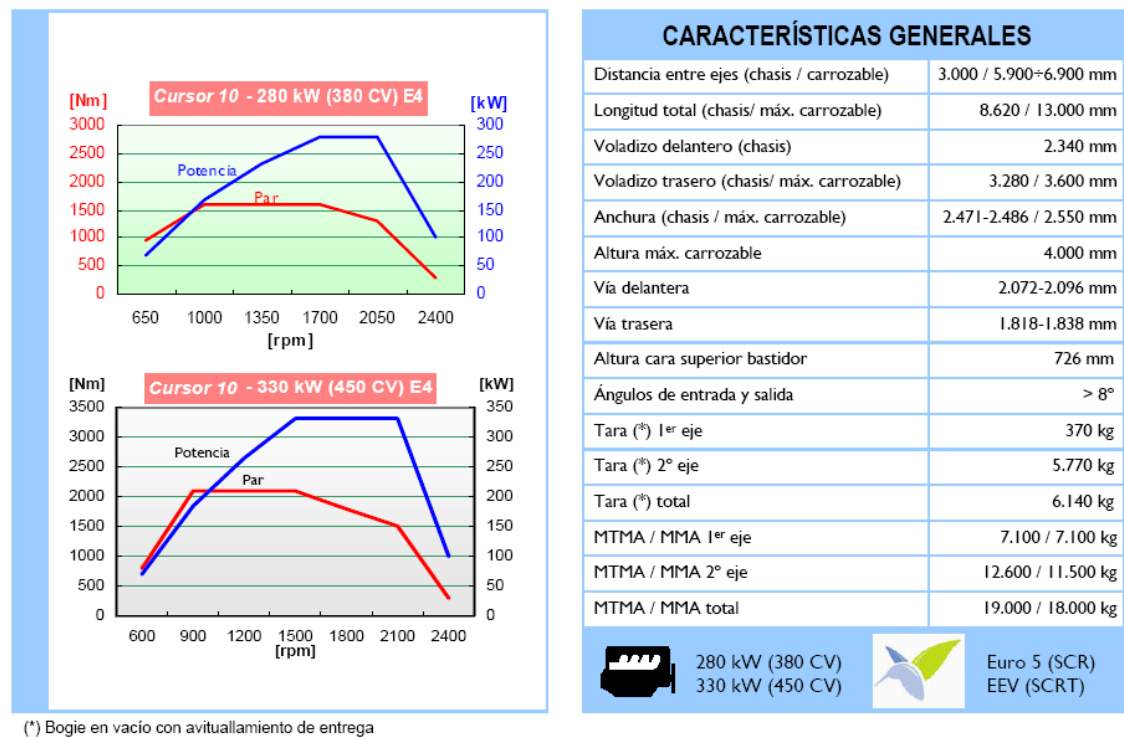


Figura 2. 3 Características generales vehículo

2.5 Características del vehículo tras la reforma

Se muestra, en la Tabla 2.1, las características del vehículo que han sido modificadas en la reforma.

	Denominación	Magnitud
Distancia entre ejes	L_t	6560
Longitud total del vehículo	L	12500
Voladizo delantero	C	2340
Voladizo trasero	B	3600
Anchura	A	2500
Altura	H	4000
Vía delantera	A_{vd}	2096
Vía trasera	A_{vt}	1838
Altura libre del suelo (general/recorte trasero)	h	357/532
Ángulo de ataque	α	7.9°
Ángulo de salida	δ	10.3°
Ángulo ventral	β	$>41^\circ$
Altura del centro de gravedad	h_0	1270
Distancia transversal del c.d.g. al eje de simetría longitudinal	t	0.006
Distancia del c.d.g. al primer eje	l_1	4660
Tara	----	12809
MTMA/MMA	----	19000/18000
MTMA/MMA 1º E	----	7100/7100
MTMA/MMA 2º E	----	12600/11500

Tabla 2. 1 Características tras la reforma

*Longitudes en mm, masas en kg, ángulos en grados

Se ha realizado un diseño del aspecto final del Vehículo final deseado, autobús de hemodonación, utilizando la herramienta de diseño gráfico por ordenador Solid Edge.

A continuación se puede observar la simulación del aspecto prediseñado mediante dicha herramienta de trabajo. En las Figuras 2.4, 2.5 y 2.6.

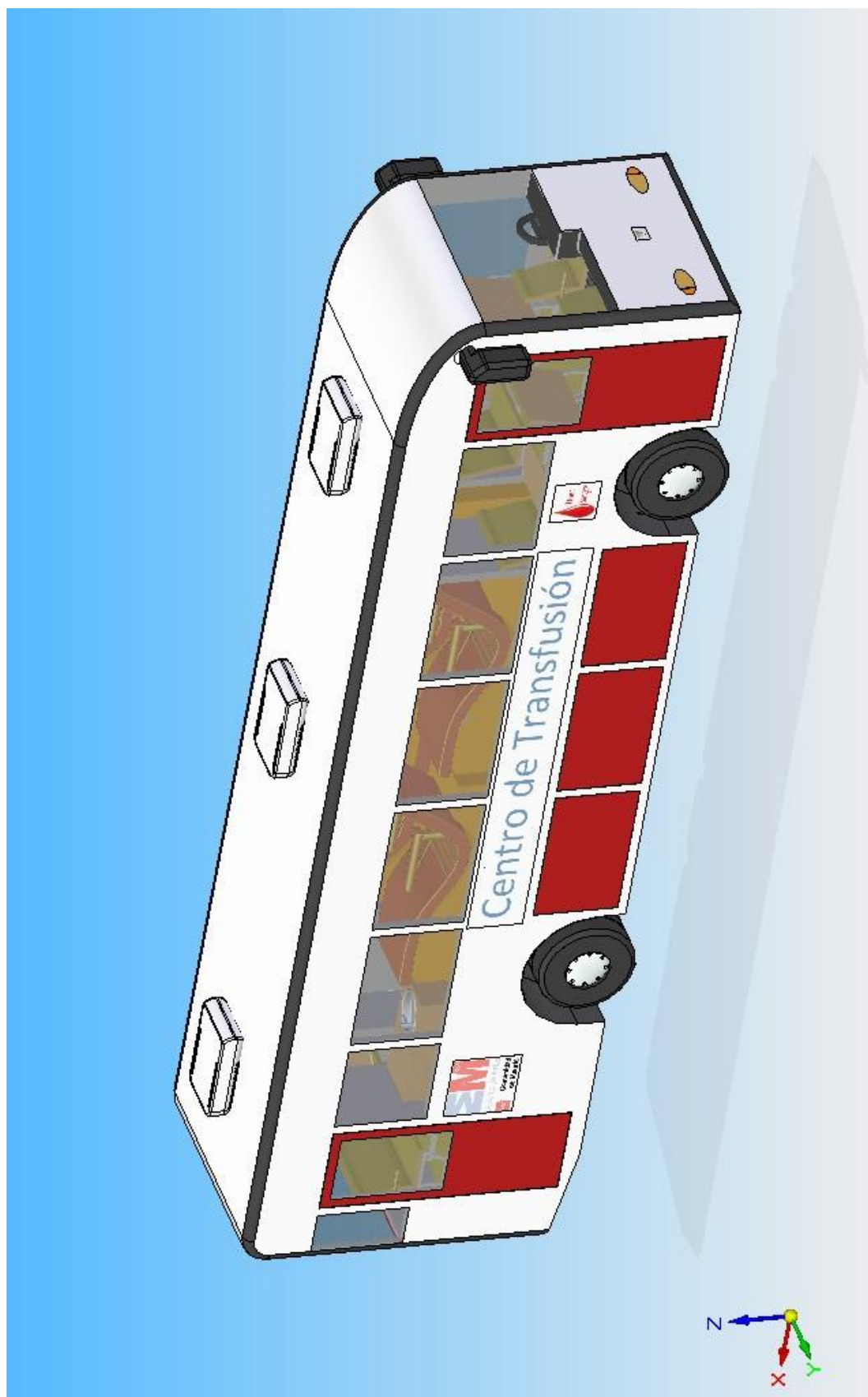


Figura 2. 4 Lateral derecho del vehículo



Figura 2. 5 Lateral izquierdo del vehículo

Figura 2. 6 Vosta interior del vehículo

3 Cálculos justificativos de la reforma

En este apartado se muestran los cálculos necesarios para desarrollar satisfactoriamente la reforma mencionada en este proyecto con el objetivo de la obtención final del vehículo deseado.

Todos estos cálculos obligatorios vienen reflejados y detallados en el Real decreto 866/2010, de 2 de julio.

3.1 Pesos y dimensiones

3.1.1 Introducción

En este apartado se aborda el cálculo de las dimensiones y pesos desglosados del vehículo por eje y según los principales componentes que constituyen el conjunto. Se estudiarán inicialmente y de forma independiente las acciones sobre el bastidor debidas a la tara, carga del conductor y acompañantes, equipamiento y mobiliario. Se ha tratado de optimizar el diseño para dotar al vehículo de unas buenas aptitudes en este sentido, teniendo en cuenta las especificaciones del cliente y fabricante, así como la normativa en materia de pesos y dimensiones.

El vehículo seleccionado para la reforma es uno de los más modernos en la actualidad. Corresponde a la denominación C38 ER de la serie EURORIDER de la marca Irisbus de Iveco. Este vehículo cumple con las directrices de la C.E. y las normas nacionales en materia de pesos y dimensiones y debe mantenerse ese cumplimiento.

3.1.2 Dimensiones

En la tabla 3.1 se encuentran resumidas todas las distancias de interés del vehículo que se estudia una vez reformado, que a su vez vienen representadas en las figuras 3.1 y 3.2 y 3.3. Algunas de ellas se calcularán posteriormente

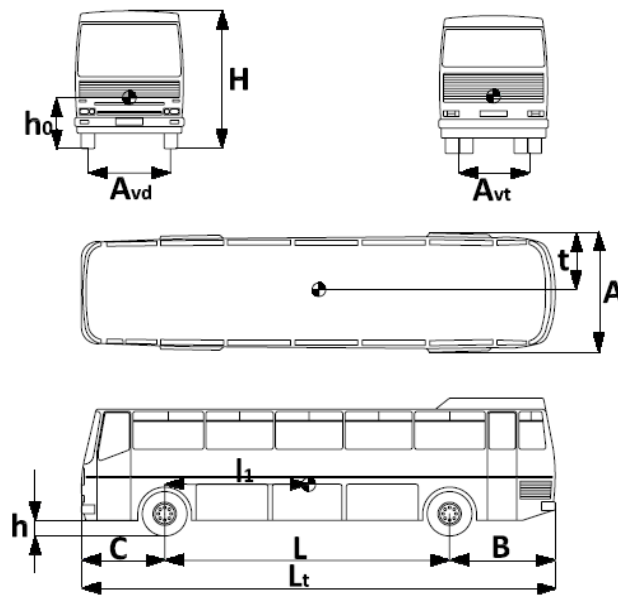


Figura 3. 1 Esquema del vehículo

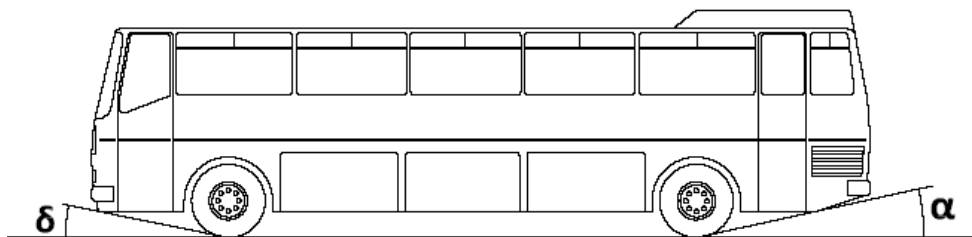


Figura 3. 2 Ángulos de ataque y salida

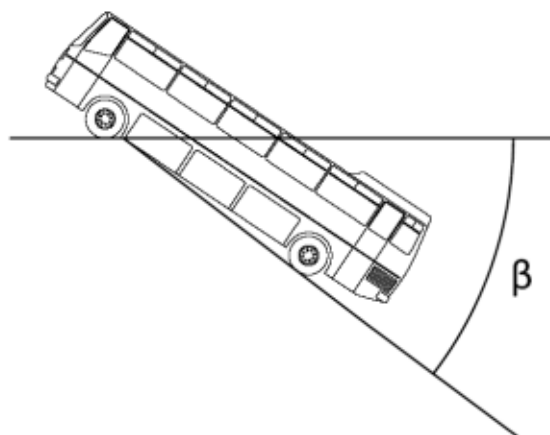


Figura 3. 3 Ángulo ventral

	Denominación	Magnitud
Distancia entre ejes	L_t	6560
Longitud total del vehículo	L	12500
Voladizo delantero	C	2340
Voladizo trasero	B	3600
Anchura	A	2500
Altura	H	4000
Vía delantera	A_{vd}	2096
Vía trasera	A_{vt}	1838
Altura libre del suelo (general/recorte trasero)	h	357/532
Ángulo de ataque	α	7.9°
Ángulo de salida	δ	10.3°
Ángulo ventral	β	$>41^\circ$
Altura del centro de gravedad	h_0	1270
Distancia transversal del c.d.g. al eje de simetría longitudinal	t	0.006
Distancia del c.d.g. al primer eje	l_1	4660

Tabla 3. 1 Dimensiones del vehículo reformado

*Longitudes en mm, masas en kg, ángulos en grados

3.1.3 Cálculo del reparto de pesos en los ejes delantero y trasero

A continuación se muestran la distribución de las distintas cargas sobre la estructura de la Unidad Móvil de Hemodonación vistas desde el lateral izquierdo del autobús. Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos en cada una de las distribuciones se obtienen las distintas reacciones parciales sobre los ejes.

Para ello se realizarán los cálculos según indica el Reglamento General de Vehículos en la orden PRE/3298/2004, de 13 de octubre. Siguiendo dicho reglamento, los cálculos se realizarán separadamente según las masas pertenezcan a la Tara, conductor y pasajeros, superestructura, equipamiento mobiliario y carga útil. Dichas cargas se aplicarán sobre los puntos de apoyo en la estructura.

- En la figura 3.4 se observa el reparto de cargas que se genera debido al peso de la tara, (datos facilitados por el proveedor del vehículo inicial).

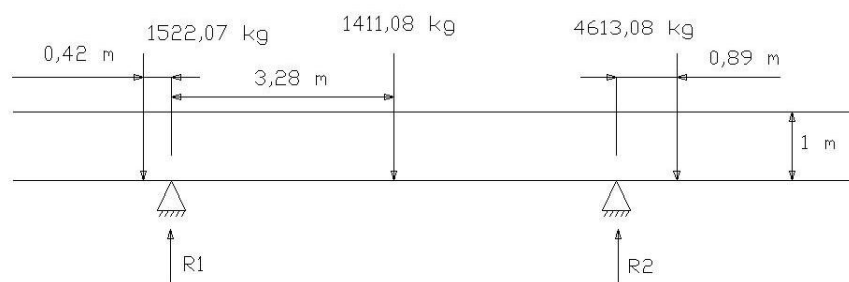


Figura 3. 4 Distribución de cargas debido a la tara

$$R_1 = 1699.19 \text{ kg}$$

$$R_2 = 5847.03 \text{ kg}$$

- En la figura 3.5 se observa el reparto de cargas que se genera debido al peso del conductor y acompañantes. De acuerdo con la normativa, se estipula un peso medio por individuo de 75 kg. La aplicación de las cargas se dispone en el punto medio geométrico de la distribución de los asientos existentes.

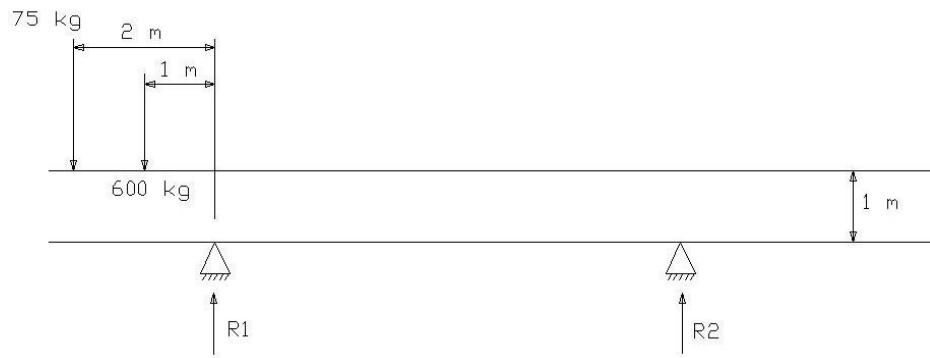


Figura 3. 5 Distribución de cargas debido al conductor y los pasajeros

$$R_1 = 789.33 \text{ kg}$$

$$R_2 = -144.33 \text{ kg}$$

- En la figura 3.6 se observa el reparto de cargas que se genera debido al peso de la superestructura. Dicho peso se ha de aplicar en el punto medio longitudinal y a la altura correspondiente a su anclaje. El peso total de la superestructura según la herramienta de diseño Ansys, es un total de 2895 kg.

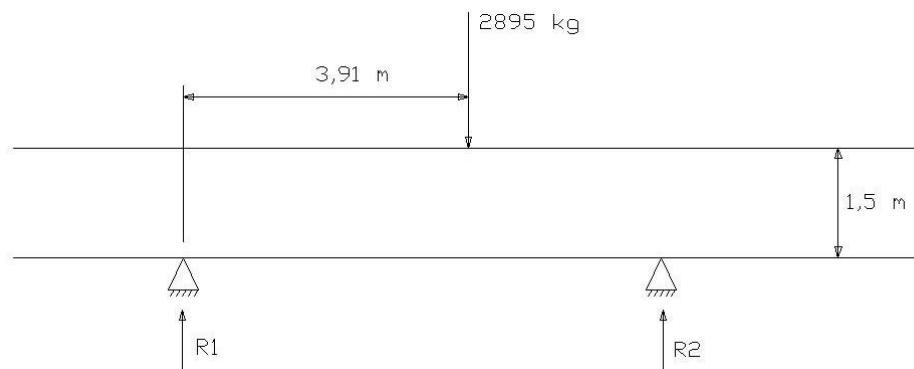


Figura 3. 6 Distribución de cargas debido a la superestructura

$$R_1 = 1169.47 \text{ kg}$$

$$R_2 = 1725.52 \text{ kg}$$

- En la figura 3.7 se observa el reparto de cargas que se genera debido al peso del equipamiento (Generador eléctrico, depósitos de combustible, sistema de refrigeración...). Aplicándose cada uno sobre la posición de su anclaje situación horizontal y vertical.

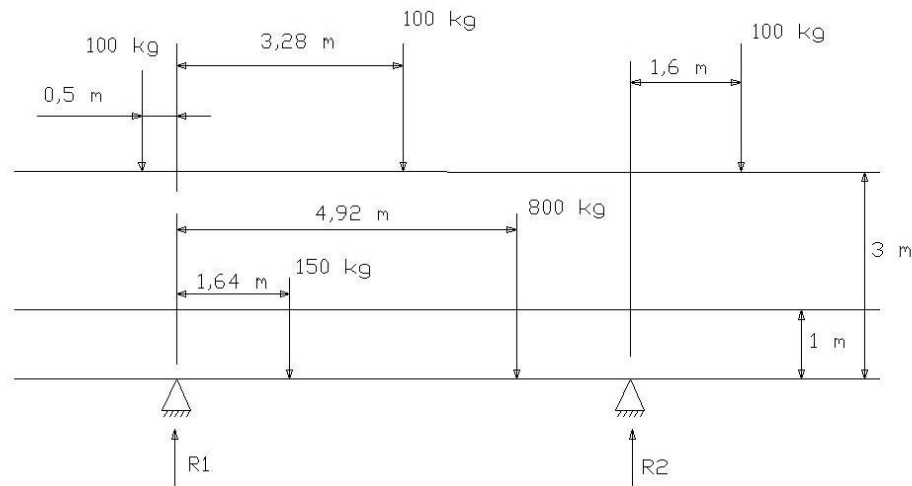


Figura 3.7 Distribución de cargas debido al equipamiento

$$R_1 = 445.73 \text{ kg}$$

$$R_2 = 804.27 \text{ kg}$$

- En la figura 3.8 se observa el reparto de cargas que se genera debido al peso del mobiliario (Mesilla, sillas, neveras, camillas...). Aplicándose cada uno sobre la posición de su anclaje situación horizontal y vertical.

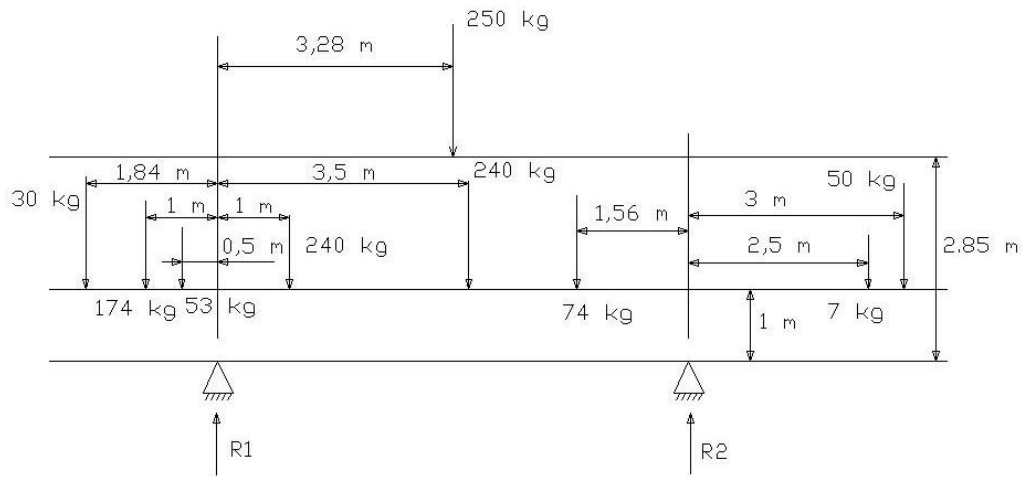


Figura 3. 8 Distribución de cargas debido al mobiliario

$$R_1 = 728.43 \text{ kg}$$

$$R_2 = 389.57 \text{ kg}$$

- En la figura 3.9 se observa el reparto de cargas que se genera debido al peso de la carga útil.

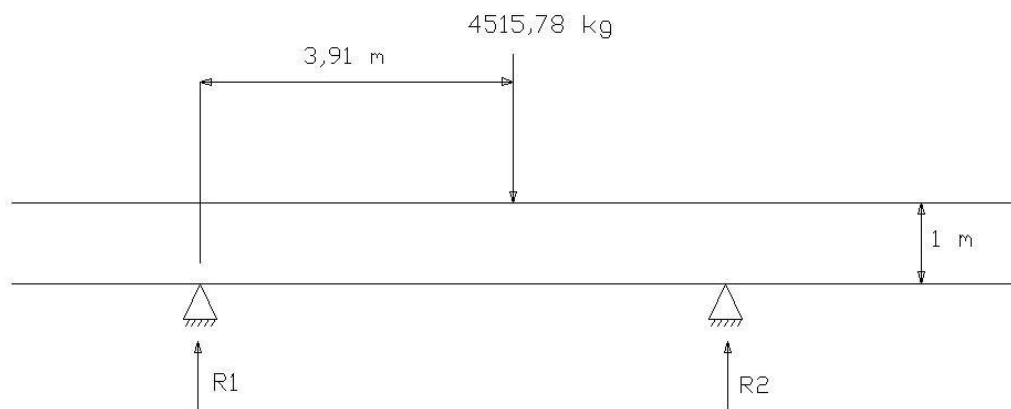


Figura 3. 9 Distribución de cargas debido a la carga útil

$$R_1 = 1824.21 \text{ kg}$$

$$R_2 = 2691.57 \text{ kg}$$

Agrupamos los datos obtenidos anteriormente y obtenemos el resultado total como se aprecia en la tabla 3.2. En ella se visualiza el reparto de cargas en los ejes:

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Tara	2868,66	7572,56	10441,22
Pasajeros	789,33	-114,33	675
Equipos	445,73	804,27	1250
Mobiliario	728,43	389,57	1118
Carga útil	1824,21	2691,57	4515,78
Total	6656,36	11343,67	18000

Tabla 3. 2 Reparto de cargas en los ejes (Kg)

3.1.4 Cálculo del reparto lateral de pesos

A continuación se muestran la distribución de las distintas cargas sobre la estructura de la Unidad Móvil de Hemodonación vistas desde la parte trasera del autobús. Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos en cada una de las distribuciones se obtienen las distintas reacciones parciales sobre las ruedas laterales de cada lado.

El cálculo lateral de pesos se realizará de la misma manera que el reparto de los ejes de cargas e los ejes.

- En la figura 3.10 se observa el reparto de cargas lateral que se genera debido al peso de la tara.

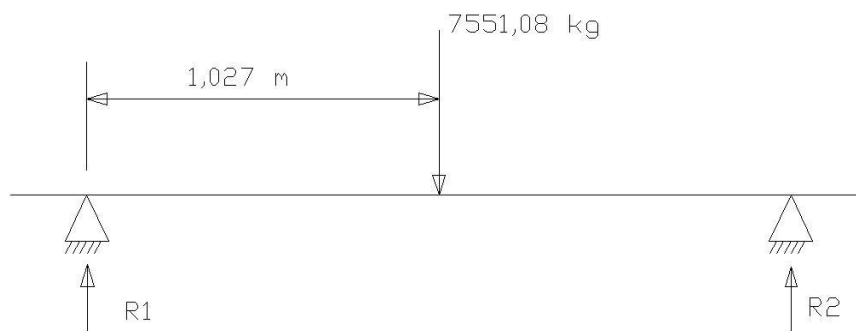


Figura 3. 10 Distribución de cargas lateral debido a la Tara

$$R_1 = 3773.11 \text{ kg}$$

$$R_2 = 3773.11 \text{ kg}$$

- En la figura 3.11 se observa el reparto de cargas lateral que se genera debido al peso del conductor y acompañantes.

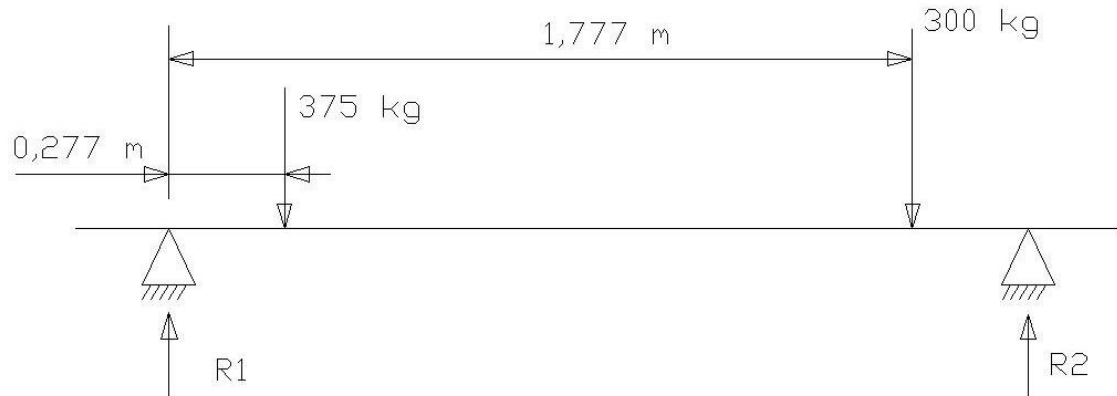


Figura 3. 11 Distribución de cargas lateral debido al conductor y los pasajeros

$$R_1 = 364.886 \text{ kg}$$

$$R_2 = 310.114 \text{ kg}$$

- En la figura 3.12 se observa el reparto de cargas lateral que se genera debido al peso de la superestructura.

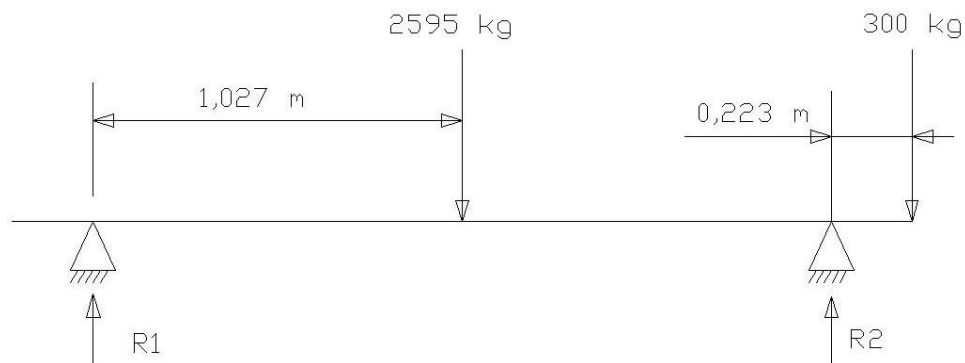


Figura 3. 12 Distribución de cargas lateral debido a la superestructura

$$R_1 = 1264.93 \text{ kg}$$

$$R_2 = 1630.07 \text{ kg}$$

- En la figura 3.13 se observa el reparto de cargas lateral que se genera debido al peso del equipamiento.

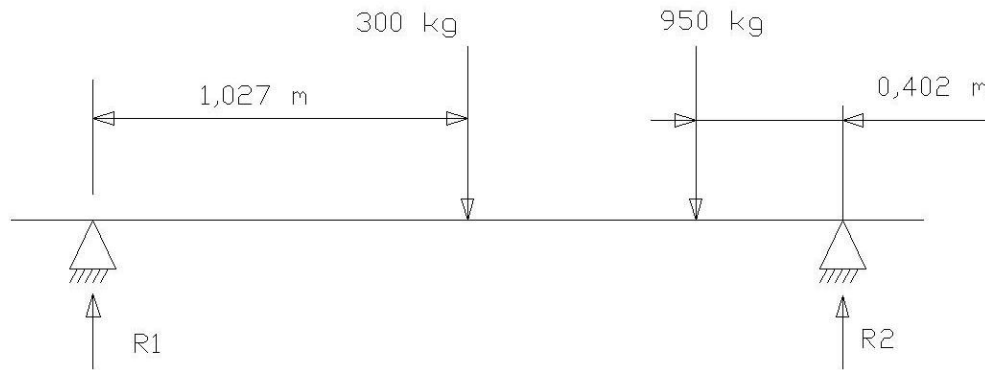


Figura 3. 13 Distribución de cargas lateral debido al equipamiento

$$R_1 = 335.93 \text{ kg}$$

$$R_2 = 914.07 \text{ kg}$$

- En la figura 3.14 se observa el reparto de cargas lateral que se genera debido al peso del mobiliario.

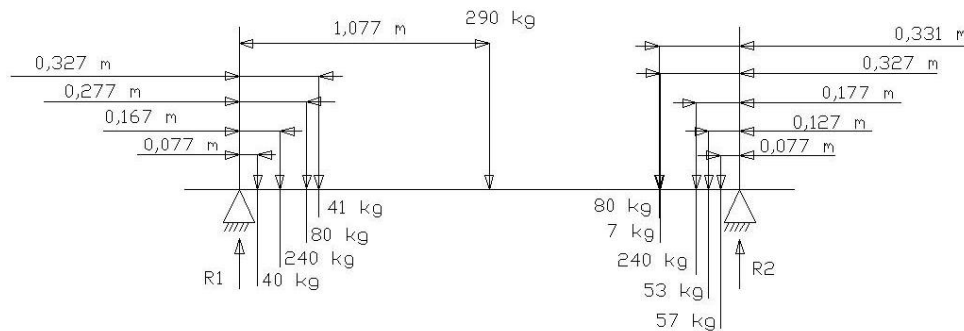


Figura 3. 14 Distribución de cargas lateral debido al mobiliario

$$R_1 = 517.22 \text{ kg}$$

$$R_2 = 600.78 \text{ kg}$$

- En la figura 3.15 se observa el reparto de cargas lateral que se genera debido al peso de la carga útil.

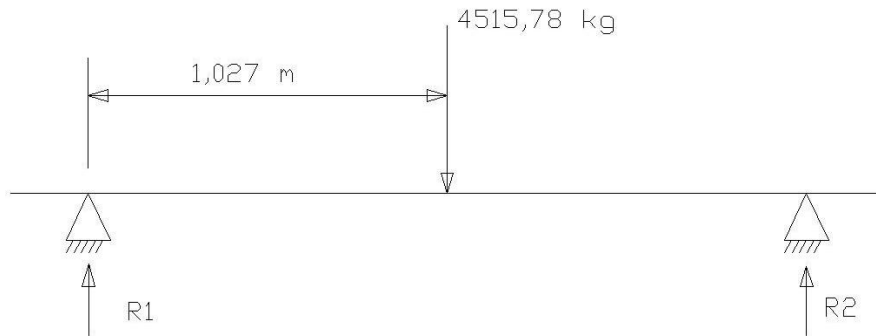


Figura 3. 15 Distribución de cargas lateral debido a la carga útil

$$R_1 = 2257.89 \text{ kg}$$

$$R_2 = 2257.89 \text{ kg}$$

Agrupamos los datos obtenidos anteriormente y obtenemos el resultado total como se aprecia en la tabla 3.3. En ella se visualiza el reparto de cargas en ruedas laterales de ambos lados:

	Lado izquierdo	Lado derecho	Total
Tara	3773,11	3773,11	7546,22
Pasajeros	364,886	310,114	675
Superestructura	1264,93	1630,07	2895
Equipos	335,93	914,07	1250
Mobiliario	517,22	600,78	1118
Carga útil	2257,89	2257,89	4515,78
Total	8513.966	9486.34	18000

Tabla 3. 3 Reparto lateral de cargas

3.1.5 Comprobación de seguridad en la circulación

En la anterior tabla 3.3 se detallan los pesos por eje según elementos, ya considerando la superestructura y sus componentes como parte de la tara.

Estudios previos facilitados por la carrocería Tecnove S.A. aconsejan que, en el reparto de cargas, gravite sobre el eje direccional al menos el 25% del peso del

vehículo, para que el mismo pueda desarrollar con las máximas garantías su trabajo tanto en la posición de reposo como en la de circulación.

En la tabla 3.4 se muestran los porcentajes de carga que gravitan sobre el eje delantero en condiciones de tara, carga útil y carga total.

	Masa eje delantero	Masa eje trasero	Total	Eje delantero	Eje trasero
Tara	2868,66	7572,56	10441,22	27,5%	72,5%
Tara + Carga útil	4692,87	10264,13	14957	40,39%	59,61%
Tara + Carga total	6656,36	11343,67	18000	36,97%	63,03%

Tabla 3. 4 Porcentaje de pesos sobre el eje delantero (masas en Kg)

La reacción sobre el primer eje supera el 25 % de la carga del vehículo en todos los casos, por lo que queda garantizada la seguridad en circulación del vehículo debido a la existencia de una correcta adherencia del eje direccional sobre el suelo.

3.2 Cálculo de la posición del centro de gravedad

3.2.1 Introducción

La posición del centro de gravedad de la Unidad Móvil de Hemodonación se debería llevar a cabo basándose en el reglamento nº 66 de UNECE (United Nations Economic Commission for Europe).

Según esta normativa, la posición del centro de gravedad se calculará pesando el vehículo en diferentes condiciones. Las posiciones longitudinal y transversal serán determinadas usándose un plano horizontal común, donde cada rueda de cada eje se encontrará en una determinada célula de carga, obteniéndose la reacción en cada rueda. Dichas disposiciones se muestran en las figuras 3.16 y 3.17.

Para el cálculo de la altura del centro de gravedad, las ruedas del eje delantero descansarán sobre el mismo plano horizontal que en los casos anteriores, mientras que las ruedas del eje trasero se colocarán en un plano horizontal paralelo al primero pero elevado una determinada altura, tal y como se muestra en la figura 3.18. Dicha altura deberá ser tal que el ángulo que se genere entre el primer plano horizontal y la superficie generada por los puntos más bajos del autobús sea mayor de 20°.

Dado que el presente escrito es el proyecto de reforma de importancia del vehículo referido, el cálculo del centro de gravedad se llevará a cabo usando el reparto de pesos

antes resuelto, usándose el reglamento nº 66 posteriormente, durante los ensayos de homologación.

Para el cálculo de las distintas reacciones en cada disposición se ha considerado el siguiente reparto de cargas:

- Los pesos del bastidor y de la superestructura, cristales, suelos, recubrimientos interiores y espuma aislante actúan como cargas uniformemente distribuidas.
- Todos los accesorios interiores de la Unidad, el motor, depósitos, generador, así como la carga ejercida por los posibles usuarios (de 75 kg según la norma), se han considerado cargas puntuales.

Bajo estas premisas, se muestra a continuación el cálculo de las tres coordenadas del centro de gravedad.

3.2.2 Posición longitudinal del centro de gravedad

La posición longitudinal del centro de gravedad vendrá determinada por, referenciada a la figura 5.14, la siguiente ecuación:

$$l_1 = \frac{(P_3 + P_4)L_1 + (P_5 + P_6)L_2}{P_{total}}$$

Donde:

P_1 = reacción en la rueda izquierda del primer eje

P_2 = reacción en la rueda derecha del primer eje

P_3 = reacción en la rueda izquierda del segundo eje

P_4 = reacción en la rueda derecha del segundo eje

P_5 = reacción en la rueda izquierda del tercer eje

P_6 = reacción en la rueda izquierda del tercer eje

$P_{total} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6) =$ masa total del vehículo

L_1 = distancia entre el primer y segundo eje

L_2 = distancia entre el primer y tercer eje

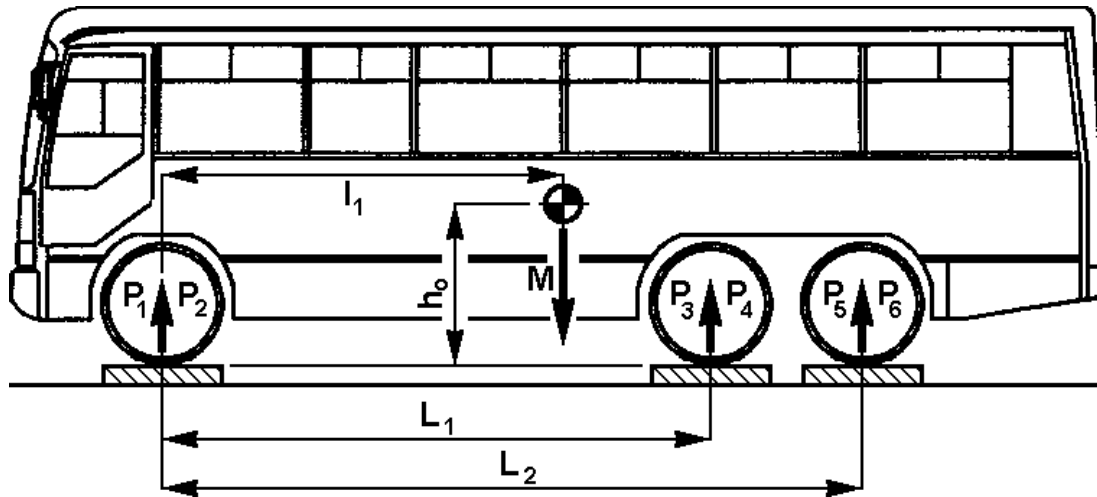


Figura 3. 16 Posición longitudinal del centro de gravedad

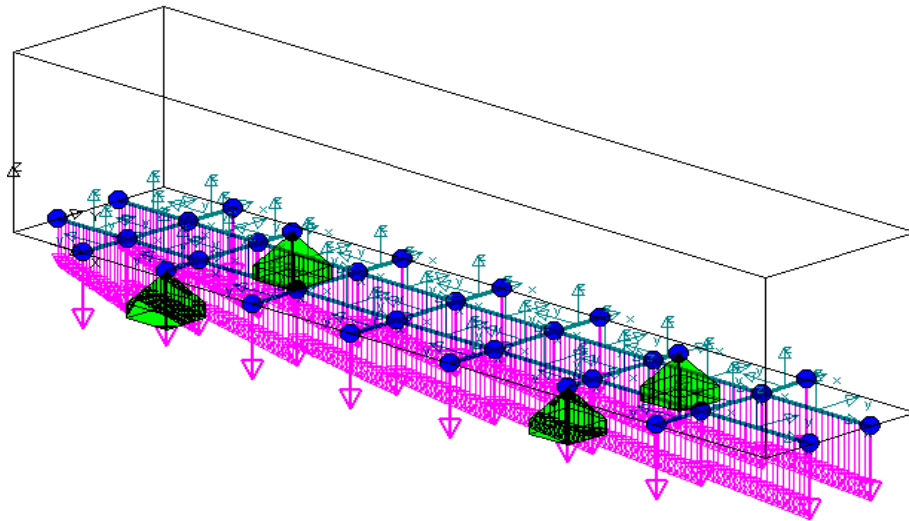


Figura 3. 17 Cargas distribuidas sobre el bastidor (ED Trim)

En la figura 3.17, (realizada mediante el software ED Trim) se pueden observar las cargas actuando sobre el bastidor del vehículo, habiéndose obtenido las siguientes reacciones:

$$P_1 + P_2 = 66.56 \text{ kN}$$

$$P_3 + P_4 = 113.43 \text{ kN}$$

$$P_5 + P_6 = 0 \text{ kN}$$

De este modo se obtiene que:

$$l_1 = \frac{113.43 \cdot 6.56}{180} = 4.13 \text{ m}$$

$$l_1 = 4.13m$$

3.2.3 Posición transversal del centro de gravedad

La posición transversal del centro de gravedad vendrá determinada por, estando referenciada a la figura 3.18, la siguiente ecuación:

$$t = \left((P_1 - P_2) \frac{T_1}{2} + (P_3 - P_4) \frac{T_2}{2} + (P_5 - P_6) \frac{T_3}{2} \right) \frac{1}{P_{total}}$$

Donde,

T_1 = distancia entre las ruedas del primer eje

T_2 = distancia entre las ruedas del segundo eje

T_3 = distancia entre las ruedas del tercer eje

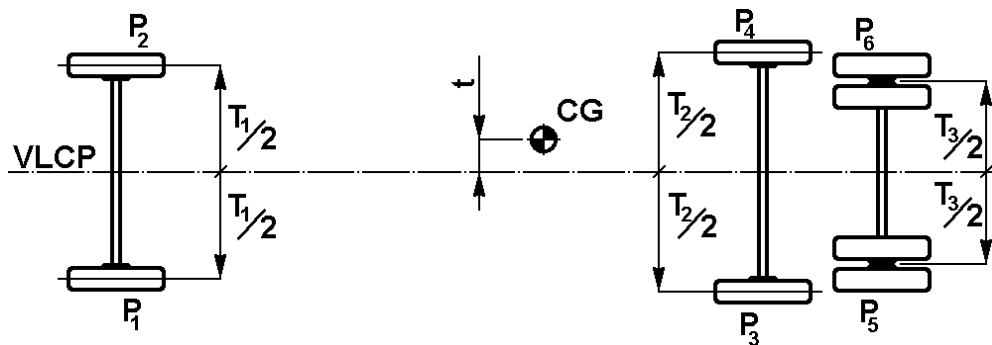


Figura 3. 18 Posición transversal del centro de gravedad

Las distancias entre ruedas serán:

$$T_1 = 2.096 \text{ m}$$

$$T_2 = 1.838 \text{ m}$$

$$T_3 = 0 \text{ m}$$

El reparto de los centros de gravedad en posición transversal se representa en la tabla 3.5.

	Tara	Conductor y acompañantes	Superestructura	Equipamiento	Mobiliario	Carga útil
Posición transversal del c.d.g. (m)	0	0.08	-0.12	-0.45	-0.08	0
Masa total (kg)	7546.22	675	2895	1250	1118	4515.78

Tabla 3. 5 Reparto de cargas transversal del vehículo visto desde atrás, kg

Aplicando la ecuación de la posición transversal del centro de gravedad se tiene que:

$$t = \left((84.34 - 94.86) \frac{1.967}{2} \right) \frac{1}{180} = -0.16m$$

$$t = -0.16m$$

3.2.4 Altura del centro de gravedad

En las diversas figuras del apartado de reparto de pesos, se pueden observar las cargas actuando sobre el bastidor del vehículo. Con dichos repartos de pesos se han calculado los diversos centros de gravedad parciales de las cargas de la tabla 3.4 y que en la tabla 3.6 se resumen:

Nota: La posición longitudinal del centro de gravedad está referenciada al eje delantero y la altura del mismo al suelo, tal y como se indica en la figura 3.20.

	Tara	Conductor y acompañantes	Superestructura	Equipamiento	Mobiliario	Carga útil
Posición longitudinal del c.d.g. (m)	5.08	-1,11	3,91	4,22	2,28	3.91
Altura del c.d.g. (m)	0,75	1,5	2	1,22	1,69	1.6
Masa total (kg)	7546.22	675	2894,99	1250	1118	4515.78

Tabla 3. 6 . Posiciones parciales del centro de gravedad

De esta forma se obtiene que:

$$h_0 = \frac{0.75 \cdot 7546.22 + 675 \cdot 1.5 + 2894.99 \cdot 2 + 1250 \cdot 1.22 + 1118 \cdot 1.69 + 4515.78 \cdot 1.6}{7546.22 + 675 + 2894.99 + 1250 + 1118 + 4515.78}$$

$$h_0 = 1.38m$$

3.3 Estabilidad longitudinal y lateral

3.3.1 Comprobación de la seguridad en la circulación en pendiente ascendente

En la figura 3.19 puede observarse el reparto de cargas que existiría, estando el vehículo inclinado una cierta pendiente ascendente, concentrándose la carga de los aspectos calculados en el apartado de reparto de pesos en los respectivos centros de gravedad parciales longitudinales.

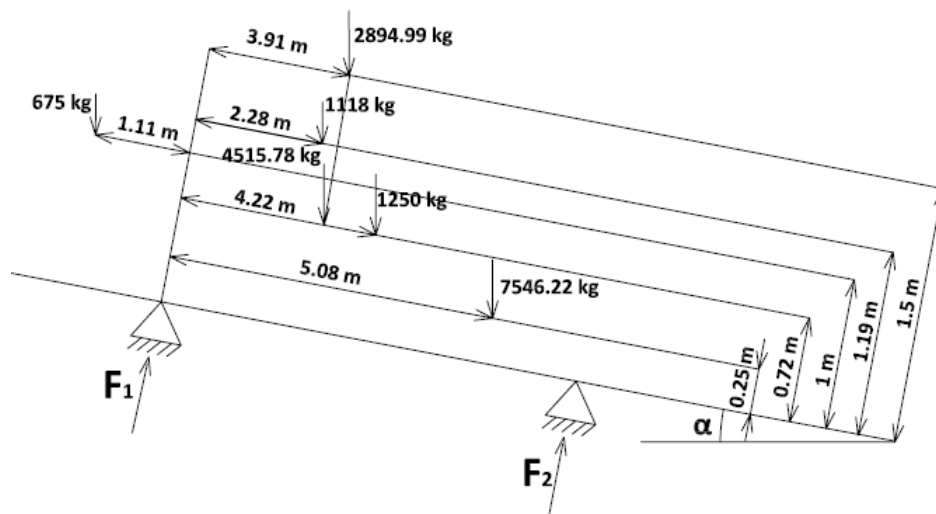


Figura 3. 19. Reparto de cargas en pendiente ascendente

Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos y tomando una pendiente del 10% ($\alpha = 5.73^\circ$), se desarrolla el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}
 F_1 \cdot 6.56 + (2894.99 \cdot 1.5 + 1118 \cdot 1.19 + 675 \cdot 1 + 1250 \cdot 0.72 + 7546.22 \cdot 0.25 \\
 + 4515.78 \cdot 0.72) \operatorname{sen} \alpha = \\
 = (2894.99 \cdot 2.65 + 1118 \cdot 4.28 + 675 \cdot 7.67 + 1250 \cdot 2.34 + 7546.22 \cdot 1.48 \\
 + 4515.78 \cdot 2.65) \operatorname{cos} \alpha \\
 F_1 = 6438.91 \text{ kg} > 0
 \end{aligned}$$

La reacción sobre el primer eje es positiva, por lo que queda garantizada la seguridad en circulación del vehículo en pendiente ascendente.

Por otro lado, el máximo ángulo de inclinación sería:

$$\alpha_{\max} = 74.17^\circ$$

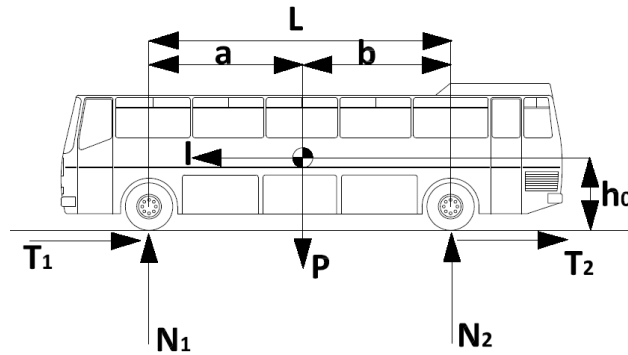


Figura 3. 20 Vehículo en deceleración

3.3.2 Estudio de la frenada

A continuación se llevará a cabo el estudio de la frenada del vehículo. Para ello se han considerado dos situaciones: el caso más usual, en el que el vehículo no llevará ninguna carga adicional, y el caso en el que el vehículo irá cargado hasta alcanzar su MMA.

En la figura 3.20 pueden observarse las fuerzas actuantes sobre el vehículo durante la frenada. Los siguientes cálculos tienen el objetivo de conocer las reacciones en el eje delantero durante la deceleración:

3.3.2.1 Vehículo descargado

- Fuerza de inercia: $I = P \cdot d/g$
- Peso total: $P = 13484,22 \text{ kg}$
- Peso normal sobre el eje delantero: $P_1 = 4832,15 \text{ kg}$
- Peso normal sobre el eje trasero: $P_2 = 8652,07 \text{ kg}$
- Deceleración media en la frenada: $d = 4,9 \text{ m/s}^2$
- Tasa de frenado (z): $z = d/g = 4,9/9,81 = 0,5$
- Distancia entre ejes: $L = 6560 \text{ mm}$
- Distancia del eje delantero al c.d.g.: $a = 4130 \text{ mm}$
- Distancia del eje trasero al c.d.g.: $b = 2430 \text{ mm}$
- Altura del c.d.g.: $h_0 = 1370 \text{ mm}$

Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos tendremos que:

$$N_1 = \frac{Pb}{L} + \frac{Pdh_0}{gL} \Rightarrow N_1 = 6125,80 \text{ kg}$$

$$N_2 = P - N_1 \Rightarrow N_2 = 7358,41 \text{ kg}$$

Así, el reparto de peso en el eje delantero quedará:

$$R = \frac{N_1}{P} 100 = 45,43\%$$

3.3.2.2 Vehículo cargado

- Fuerza de inercia: $I = P \cdot d/g$
- Peso total: $P = 18000 \text{ kg}$
- Peso normal sobre el eje delantero: $P_1 = 6656,36 \text{ kg}$
- Peso normal sobre el eje trasero: $P_2 = 11343,64 \text{ kg}$
- Deceleración media en la frenada: $d = 4.9 \text{ m/s}^2$
- Tasa de frenado (z): $z = d/g = 4.9/9.81 = 0.5$
- Distancia entre ejes: $L = 6560 \text{ mm}$
- Distancia del eje delantero al c.d.g.: $a = 4130 \text{ mm}$
- Distancia del eje trasero al c.d.g.: $b = 2430 \text{ mm}$
- Altura del c.d.g.: $h_0 = 1260 \text{ mm}$

Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos tendremos que:

$$N_1 = \frac{Pa}{L} + \frac{Pdh_0}{gL} \Rightarrow N_1 = 8520,31 \text{ kg}$$

$$N_2 = P - N_1 \Rightarrow N_2 = 9479,69 \text{ kg}$$

Así, el reparto de peso en el eje delantero quedará:

$$R = \frac{N_1}{P} 100 = 47,33\%$$

3.3.2.3 Conclusiones

Se puede observar que en todos los casos la carga sobre el eje delantero supera el 25% del peso total del vehículo, por lo que queda garantizada la seguridad en circulación del vehículo debido a la existencia de una correcta adherencia del eje direccional sobre el suelo.

3.3.3 Estudio de la aceleración

En este caso se trabajará de forma similar, tal y como se ve en la figura 3.21, a como se ha hecho en el estudio de la frenada, ya que se utiliza el mismo sentido físico, cambiando las fuerzas de resistencia y de inercia de sentido. También cambia, en este caso, la magnitud de la fuerza de inercia que vendrá determinada por la siguiente ecuación:

$$I = m \cdot a = \frac{P}{g} \cdot a$$

Siendo:

- $\eta = 0.8$, rendimiento de la cadena cinemática de la transmisión
- $\xi_{dl} = 1/3.07$, la relación de transmisión del diferencial
- $\xi_{1^a} = 1/7.72$, la relación de transmisión de la primera velocidad
- $D_n = 1043.5 \text{ mm}$, el diámetro de la rueda
- $M_m = 1600 \text{ Nm}$, el par motor
- $i = 5\%$

$$F = \frac{\xi_1 \cdot \xi_{dl} \cdot M_m^{\text{máx}}}{r_n \cdot (1 - i)}$$

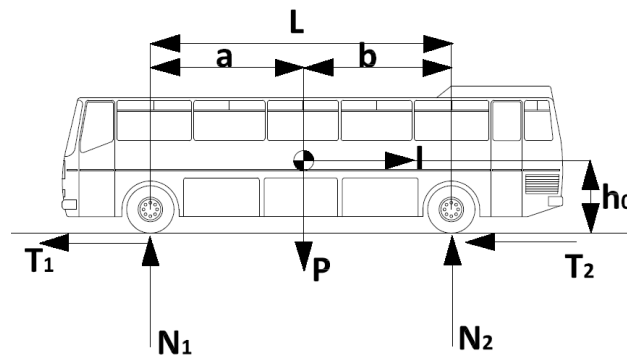


Figura 3. 21 Vehículo en arranque

Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos, como en el caso anterior se resuelven las dos mismas situaciones que en el estudio de la frenada:

3.3.3.1 Vehículo descargado

$$N_1 = \frac{Pb}{L} - \frac{h}{L} \cdot \left(\frac{P_a}{g} + F_{xa} + P \sin \theta \right) \Rightarrow N_1 = 4831,29 \text{ kg}$$

$$N_2 = P - N_1 \Rightarrow N_2 = 8652,93 \text{ kg}$$

Así, el reparto de peso en el eje delantero quedará:

$$R = \frac{N_1}{P} 100 = 36,83\%$$

3.3.3.2 Vehículo cargado

$$N_1 = \frac{Pb}{L} - \frac{2\eta h_0 M_m}{P \xi_{dl} \xi_{1a} D_n} \Rightarrow N_1 = 6655,91 \text{ kg}$$

$$N_2 = P - N_1 \Rightarrow N_2 = 11344,08 \text{ kg}$$

Así, el reparto de peso en el eje delantero quedará:

$$R = \frac{N_1}{P} 100 = 36,97\%$$

3.3.3.3 Conclusiones

Se puede observar que en todos los casos la carga sobre el eje delantero supera el 25% del peso total del vehículo, por lo que queda garantizada la seguridad en circulación del vehículo debido a la existencia de una correcta adherencia del eje direccional sobre el suelo.

3.3.4 Comprobación estática de la seguridad en la circulación en pendiente lateral

3.3.4.1 Vehículo inclinado hacia la derecha

En la figura 3.22 puede observarse el reparto de cargas que existiría, estando el vehículo inclinado una cierta pendiente lateral hacia la derecha, concentrándose la carga de los aspectos calculados en el apartado de reparto de pesos en los respectivos centros de gravedad parciales transversales.

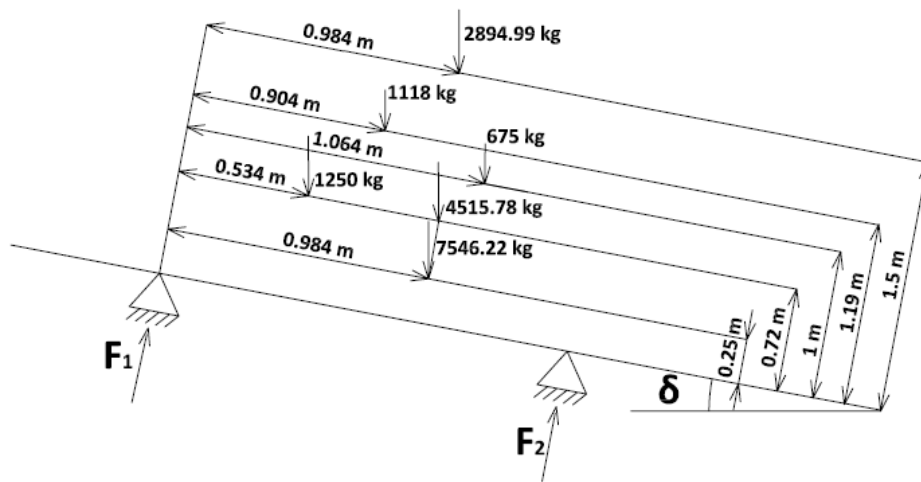


Figura 3. 22 Reparto de cargas en pendiente lateral hacia la derecha

Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos y tomando una pendiente lateral del 10% ($\delta = 5.73^\circ$), se desarrolla el siguiente cálculo:

$$F_1 \cdot 1.968 + (2894.99 \cdot 1.5 + 1118 \cdot 1.19 + 675 \cdot 1 + 1250 \cdot 0.72 + 4515.78 \cdot 0.72 + 7546.22 \cdot 0.25) \operatorname{sen} \delta =$$

$$= (2894.99 \cdot 0.984 + 4515.78 \cdot 0.984 + 1118 \cdot 1.064 + 675 \cdot 0.904 + 1250 \cdot 1.434 + 7546.22 \cdot 0.984) \cos \delta$$

$$F_1 = 8628.98 \text{ kg} > 0$$

La reacción sobre el eje izquierdo es positiva, por lo que queda garantizada la seguridad en circulación del vehículo en pendiente lateral hacia la derecha.

Por otro lado, el máximo ángulo de inclinación sería:

$$\delta_{\max} = 55.90^\circ$$

3.3.4.2 Vehículo inclinado hacia la izquierda

En la figura 3.23 puede observarse el reparto de cargas que existiría, estando el vehículo inclinado una cierta pendiente lateral hacia la izquierda, concentrándose la carga de los aspectos calculados en el apartado de reparto de pesos en los respectivos centros de gravedad parciales transversales.

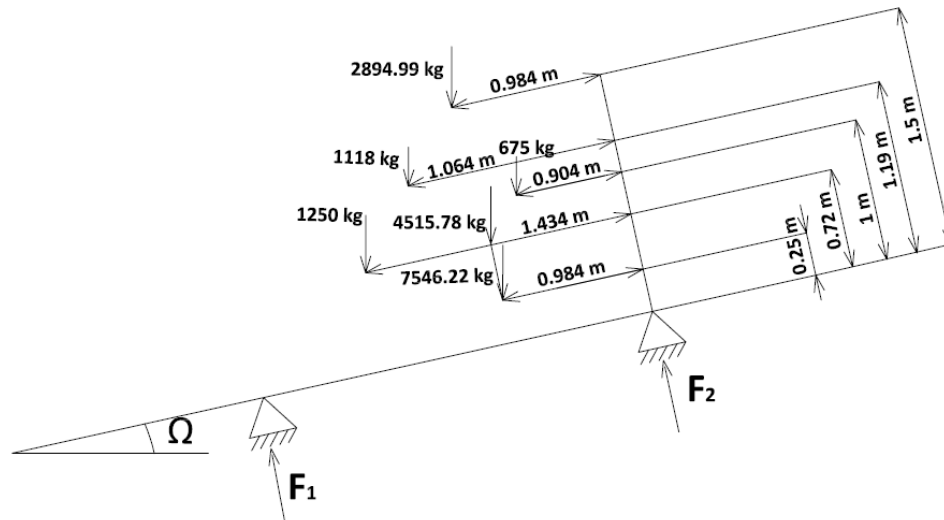


Figura 3. 23 Reparto de cargas en pendiente lateral hacia la izquierda

Haciendo equilibrio de fuerzas y momentos y tomando una pendiente lateral del 10% ($\Omega = 5.73^\circ$), se desarrolla el siguiente cálculo:

$$F_2 \cdot 1.968 + (2894.99 \cdot 1.5 + 1118 \cdot 1.19 + 675 \cdot 1 + 1250 \cdot 0.72 + 4515.78 \cdot 0.72 + 7546.22 \cdot 0.25) \sin \Omega =$$

$$= (2894.99 \cdot 0.984 + 4515.78 \cdot 0.984 + 1118 \cdot 0.904 + 675 \cdot 1.064 + 1250 \cdot 0.534 + 7546.22 \cdot 0.984) \cos \Omega$$

$$F_2 = 8024.24 \text{ kg} > 0$$

La reacción sobre el eje izquierdo es positiva, por lo que queda garantizada la seguridad en circulación del vehículo en pendiente lateral hacia la izquierda.

Por otro lado, el máximo ángulo de inclinación sería:

$$\Omega_{max} = 54.10^\circ$$

3.4 Estudio de la resistencia a torsión de la superestructura del autobús

En este apartado se estudia el comportamiento de la carrocería a torsión desde el punto de vista estático mediante la realización de un modelo de la carrocería del autobús en elementos finitos. Para el desarrollo de este apartado, se han seguido los pasos descritos en la tesis doctoral Antonio Gauchía Babé.

Se define la rigidez estática de torsión de un autobús como aquella que relaciona un par torsor ejercido entre sus dos ejes paralelos y el ángulo relativo de giro de los mismos respecto del plano perpendicular al eje definido por el par torsor.

3.4.1 Introducción

Durante la vida útil de un autobús, éste es sometido a unos esfuerzos externos que producen torsión, flexión y la combinación de ambos efectos en la carrocería. Las tensiones inducidas en la estructura de un vehículo son:

- Tensión estática debida al peso.
- Tensión estática debida a la rugosidad de la calzada.
- Tensión dinámica debida a dicha rugosidad.
- Tensión dinámica debida a fuerzas longitudinales debidas a esfuerzos de tracción y/o frenado.
- Tensión dinámica debida a fuerzas laterales originadas por la inscripción de una curva y/o viento lateral.
- Tensión dinámica debida a fuerzas verticales como consecuencia de baches y/u ondulaciones de la calzada.

Se ha comprobado experimentalmente que las tensiones debidas a la torsión predominan frente a las producidas por flexión [Lim and Shin (1996); Simic and Jelic (1985)]. En la carrocería de un autobús se genera torsión en los siguientes estados de carga:

- En el paso por una curva la fuerza centrífuga actúa en el centro de gravedad de la carrocería y debido a la variación de la inercia en la longitud del autobús se provoca torsión en la carrocería.
- La presencia de baches, etc. en la calzada origina un desplazamiento vertical relativo entre ruedas de un mismo eje y por tanto la carrocería es sometida a torsión.

En el primer estado de carga el autobús se encuentra en una situación de posible vuelco. En el caso de que el autobús inicie el vuelco debido a que uno de sus

ejes despegue del suelo la carrocería, torsiona. Esta torsión se opone al despegue del otro eje provocando un par de reacción que se traduce en un incremento del límite de vuelco. Puesto que se incrementa el límite de vuelco, la rigidez a torsión de un autobús constituye un parámetro de seguridad frente al vuelco. Un diseño adecuado de la rigidez a torsión de la carrocería mejora, por tanto, la seguridad vial.

En la Figura 3.24 se observa que la rigidez a torsión es uno de los parámetros que influyen en la determinación del límite de vuelco.



Figura 3. 24 Influencia de la rigidez a torsión en el vuelco [Winkler (2000)]

La ubicación de los diferentes dispositivos en el autobús, como por ejemplo, el motor (ver figura 3.25) o el sistema de aire acondicionado, afectan de manera significativa en la respuesta del autobús cuando éste circula por una curva. La razón de ello radica en que el reparto de pesos varía a lo largo de la longitud del autobús, existiendo una mayor concentración de masas en la parte trasera del vehículo que en la delantera, debido a la presencia del conjunto motor-caja de cambios. Este reparto desigual de pesos en la longitud del autobús provoca diferencias de inercia responsables de la torsión del chasis y de la transmisión de esos esfuerzos a la superestructura en situaciones tan comunes como la inscripción en curvas.



Figura 3. 25 Detalle de la situación del motor

Por tanto, la rigidez a torsión de la estructura del autobús afecta de manera significativa en la prevención del vuelco, ya que se opone al mismo. Además, influye en la transferencia de carga entre ruedas de un mismo eje y en los esfuerzos dinámicos que se transmiten a las ruedas, es decir, influye en la maniobrabilidad.

El diseño de la carrocería de un autobús influye en la determinación de la rigidez a torsión, por lo que es importante determinar qué parte de la misma aporta dicha rigidez.

La estructura de un autobús se divide en tres partes genéricas que pueden encontrarse en todos los diseños. Estas partes son el bastidor, la superestructura y el piso.

El bastidor de los autobuses, se puede ver un ejemplo de éste en la figura 2.1, está constituido por dos vigas dispuestas longitudinalmente, denominadas largueros, que están unidas por vigas colocadas transversalmente, denominadas traviesas. Este tipo de estructuras, que es el que se utiliza para el desarrollo de la unidad móvil de extracción de sangre que concierne a este proyecto se denomina estructura tipo escalera.

Típicamente los largueros son vigas de sección en I. Este tipo de vigas se caracterizan por tener buena rigidez a flexión. Por otro lado, las traviesas se suelen fabricar con secciones rectangulares de pared delgada, ya que con este tipo de sección se consigue una buena combinación de rigidez a torsión y flexión. La misión del bastidor es servir de base o fundamento al resto de estructura y como medio de anclaje de todos los elementos mecánicos.

La superestructura está formada por perfiles y chapas. Los perfiles son, principalmente, de sección rectangular y de espesor delgado. Su función es la de

soportar elementos y proteger a los pasajeros del vuelco y otras acciones provenientes del exterior.

El conjunto formado por bastidor y superestructura, la cual puede dividirse en zona delantera, trasera, derecha, izquierda (estas dos, mirando desde el puesto de conducción) y techo (como se ve en la figura 3.27), da lugar a la carrocería.

El piso del autobús está unido al bastidor y a la superestructura y soporta, entre otras cargas, la de los pasajeros. La estructura de los autobuses puede diseñarse atendiendo a tres posibles diseños: bastidor y superestructura, estructura semiportante y estructura auto portante.

En uno de los posibles diseños de la carrocería, ver figura 3.26, el cual es el caso del diseño que se proyecta, los elementos mecánicos se fijan al bastidor, que ya ha sido diseñado para soportar toda la carga del vehículo. Esto significa que el bastidor tiene suficiente rigidez como para absorber todas las cargas impuestas por las condiciones de circulación, es decir, el bastidor es de elevado resistencia y está formado por una celosía de vigas. Este tipo de diseño, conlleva que, al situar el piso sobre el bastidor, es necesario colocar escalones de acceso para os usuarios, lo que también permite la existencia de un espacio vacío que dará lugar a las bodegas.

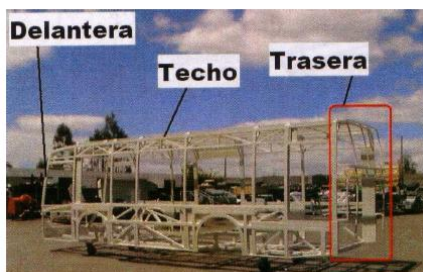


Figura 3. 27 Superestructura de un autobús

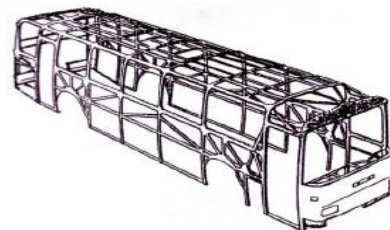


Figura 3. 26 Superestructura de una carrocería de autobús con chasis

3.4.2 Reglamentación aplicable

Se ha considerado en ese apartado la reglamentación que regula la resistencia de las estructuras de los autobuses. Cabe destacar dos reglamentos: el Reglamento ECE66 y el Reglamento ECE36 de Ginebra.

3.4.3 Influencia de la torsión en el vuelco de un autobús

En este apartado se pone de manifiesto la importancia de la rigidez a torsión de la carrocería de un autobús como parámetro influyente en la predicción del límite de vuelco (figura 3.28) de un autobús. El modelo matemático de predicción del límite de vuelco [Rico (2001); Díaz et al. (2004)] consideró los siguientes aspectos:

- El vehículo se considera como un sistema espacial, con el fin de poder evaluar el posible despegue prematuro de una de las ruedas de uno de los ejes, antes de producirse el vuelco.
- El centro de gravedad y el de balanceo se encuentran alejados del plano longitudinal medio del autobús.
- Se tiene en cuenta la torsión de la estructura dado que existe un par torsor que se opone al vuelco del vehículo.
- La suspensión del autobús tiene características no lineales (suspensión neumática).
- Se considera la rigidez lateral y radial de los neumáticos.
- Se supone variable la posición del centro de balanceo.



Figura 3. 28 Vuelco de un autobús

3.4.4 Aplicación de Modelo de Elementos Finitos y obtención de la resistencia a torsión

En este capítulo se describe el proceso de modelización y análisis de resultados de la aplicación de torsión en la superestructura del autobús urbano utilizando la técnica de elementos finitos. Para ello se ha utilizado el software ANSYS 12.0 [ANSYS (2008)].

El procedimiento de análisis en ANSYS se divide en tres grandes fases: Preprocesado, Solución y Postprocesado. En el preprocesado se establecen las características físicas y geométricas del modelo, siendo la fase que más tiempo requiere de todo el análisis. En la fase de solución se aplica el sistema de cargas al modelo y se eligen los parámetros de solución del sistema de ecuaciones que genera el problema. Finalmente, en la fase de postprocesado se obtienen los

resultados del análisis y se presentan de múltiples formas como gráficas, animaciones, etc. permitiendo así sacar las conclusiones que procedan.

3.4.4.1 Descripción de la fase de preprocesado

Como se ha comentado, la creación del modelo de elementos finitos es la fase del análisis que normalmente requiere de una mayor cantidad de tiempo. Esta fase se divide en varias subfases:

- Definición del tipo de elemento a utilizar.
- Definición del modelo de material.
- Definición de las propiedades de las secciones transversal de cada una de las vigas de la carrocería del autobús.
- Creación de la geometría del modelo.
- Mallado del modelo.

Respecto a la definición del tipo de elemento, ANSYS ofrece más de 150 tipos diferentes de elementos. La elección del tipo de elemento determina entre otros factores los grados de libertad implicados en el análisis y el espacio dimensional en el que se construye el modelo. Además la elección del tipo de elemento condiciona la naturaleza de los resultados obtenidos y el método de cálculo de los mismos.

Relativo al modelo de material utilizado, la mayoría de los tipos de elementos requieren propiedades del material. Dependiendo de la aplicación, las propiedades del material pueden ser lineales o no lineales. Dentro de un mismo análisis se pueden utilizar múltiples conjuntos de propiedades de material (correspondientes al número de materiales diferentes presentes en el modelo), definiendo aspectos como la densidad, el módulo de Young o el coeficiente de Poisson del material.

Una vez elegido el tipo o los tipos de elementos a utilizar en el modelo, se debe definir la geometría de la sección transversal de cada una de las vigas que componen la carrocería del autobús. Se puede realizar mediante la creación de secciones transversales, opción que ofrecen una serie de elementos en ANSYS, en los que basta definir magnitudes directas de la geometría como altura, anchura, etc. El software calcula parámetros como los momentos de inercia o centroides.

Dentro del preprocesado, la subfase correspondiente a la creación de la geometría es la más extensa. En ella se define la geometría del modelo, a la cual se le asocia el material, la sección transversal correspondiente y el tipo de elemento escogido.

Finalmente, en la fase de mallado se divide la geometría en elementos.

3.4.4.2 Descripción de la fase de solución

En la fase de solución se define el tipo de análisis a efectuar, se aplica el sistema de cargas al modelo y se soluciona el sistema de ecuaciones generado por el problema. La fase de solución se divide en tres subfases:

- Definición del tipo de análisis
- Aplicación de cargas
- Solución

La elección del tipo de análisis está condicionada por las condiciones de carga aplicadas al modelo y los resultados que se pretenden obtener. El tipo de análisis que se utilizará será el estático, para la determinación de la rigidez a torsión, y el modal, para la determinación de las frecuencias naturales de vibración.

El término aplicación de cargas no sólo se refiere a la aplicación de fuerzas externas sino también a la aplicación de desplazamientos y condiciones de contorno que hacen que el sistema de fuerzas al que está sometido el modelo de elementos finitos se aproxime lo más posible al sistema de fuerzas al que es sometido en la realidad. En esta subfase el software resuelve el modelo.

3.4.4.3 Descripción de la fase de postprocesado

En la fase de postprocesado se presentan los resultados que se han obtenido en la fase de solución. Es necesario elegir las visualizaciones que presenten aquellos aspectos que se deseen estudiar del modelo, con el fin de obtener las conclusiones apropiadas.

3.4.5 Preprocesado

3.4.5.1 Selección del tipo de elemento finito

Como elemento finito se ha escogido el elemento tipo viga, BEAM44, por disponer del número de grados de libertad deseados, porque facilita la modelización de la superestructura y porque se desea conocer el comportamiento global de la carrocería del autobús ante esfuerzos de torsión.

El elemento escogido tiene seis grados de libertad en cada uno de los nodos, correspondientes a los desplazamientos en las tres direcciones del espacio: x, y, z, y tres grados de libertad de rotación en cada uno de los nodos, correspondientes a cada una de las rotaciones según los tres ejes del espacio, tal y como se muestra en la figura 3.29.

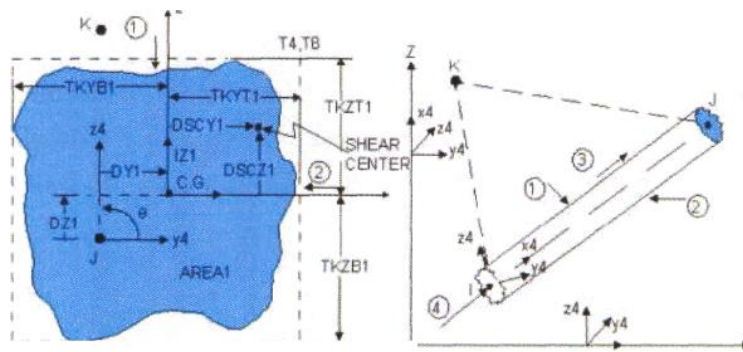


Figura 3. 29 Elemento Beam44

3.4.5.2 Selección del modelo de material

El material utilizado en la construcción de las superestructuras es acero St-44, según Norma DIN 17100, cuyas propiedades mecánicas son:

- Módulo de elasticidad $2,06 \cdot 10^{11}$ Pa.
- Coeficiente de Poisson 0,3.
- Límite elástico 240 MPa.
- Tensión máxima 460 MPa.
- Densidad del acero 7850 kg/m^3

3.4.5.3 Generación de la geometría

La geometría de la superestructura del autobús se ha generado utilizando puntos y líneas. Para la modelización de la superestructura se ha considerado que las vigas son los únicos elementos estructurales que definen la superestructura del autobús.

Se definen las secciones transversales de cada una de las vigas y posteriormente se adjudica cada sección transversal con su correspondiente viga. Finalmente, mediante un punto de orientación se orienta la sección.

El elemento BEAM44 permite mediante el comando /ESHAPE visualizar en la fase de preprocesado los elementos del modelo como elementos sólidos, y no como líneas. Con ello se facilita la comprobación de la correcta orientación de la sección de las vigas.

3.4.6 Solución

Para este análisis, la condición de contorno que se define es la restricción de los tres grados de libertad en un determinado paso de rueda (el paso de rueda que se restrinja dependerá del momento del estudio) y la torsión se conseguirá aplicando un desplazamiento vertical en el paso de rueda deseado. Para el posterior cálculo de la rigidez a torsión se considerará la siguiente ecuación:

$$K_T = \frac{M_T}{\Delta\phi} = \frac{F_z \cdot B}{\tan^{-1}\left(\frac{\Delta z}{B}\right)}$$

Donde M_T es el momento torsor aplicado, $\Delta\phi$ la rotación relativa entre el eje delantero y trasero, F_z la fuerza vertical aplicada para provocar la torsión en la carrocería del autobús, B la vía y Δz el desplazamiento vertical relativo entre los dos apoyos de un mismo eje. Todo ello se puede ver en la figura 3.30.

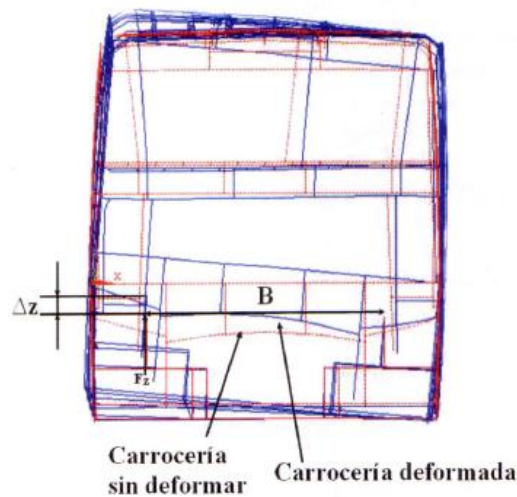


Figura 3. 30 Parámetros para la determinación de la rigidez a torsión

3.4.7 Postprocesado

Mediante macros se pueden obtener resultados gráficos y numéricos de la simulación realizada. Las fases de un correcto postprocesado son:

- Comprobación de hipótesis: Se comprueba si la estructura opera en régimen elástico, los desplazamientos son pequeños y también se realizan otras comprobaciones relativas a distorsión del modelo.
- Se obtiene el giro debido a la aplicación de los desplazamientos.
- Se obtiene la rigidez a torsión debido a la aplicación de los desplazamientos.
- Estudio tensional de las zonas más solicitadas.

3.4.8 Resultados

El estado de cargas al que se ha sometido al modelo de elementos finitos es:

- Aplicación de un desplazamiento vertical.
- Peso propio de la estructura.

Por otro lado, también se ha comprobado que la tensión máxima de la carrocería no supera los 250 MPa correspondientes al límite elástico del acero. Los resultados que se muestran en la tabla 5.7 corresponden a:

- Rigidez a torsión de la estructura del autobús.
- Máximo giro que admite la carrocería.

Dichos resultados se han calculado, como ya se ha dicho, aplicando un desplazamiento vertical directamente a la carrocería del autobús, y no en la rueda, por lo que no se han tenido en cuenta los efectos de la suspensión. Los estados de carga son:

- Aplicación de un desplazamiento vertical de 15 mm en cada uno de los puntos de carga por separado, por lo que la torsión aplicada no es pura.
- Aplicación de un desplazamiento vertical de 15 mm en el paso de rueda derecho y de -15mm en el paso de rueda izquierdo y viceversa, tanto para el eje delantero como para el eje trasero, por lo que la torsión aplicada sobre la carrocería sí que puede considerarse pura, tanto en sentido horario como antihorario.

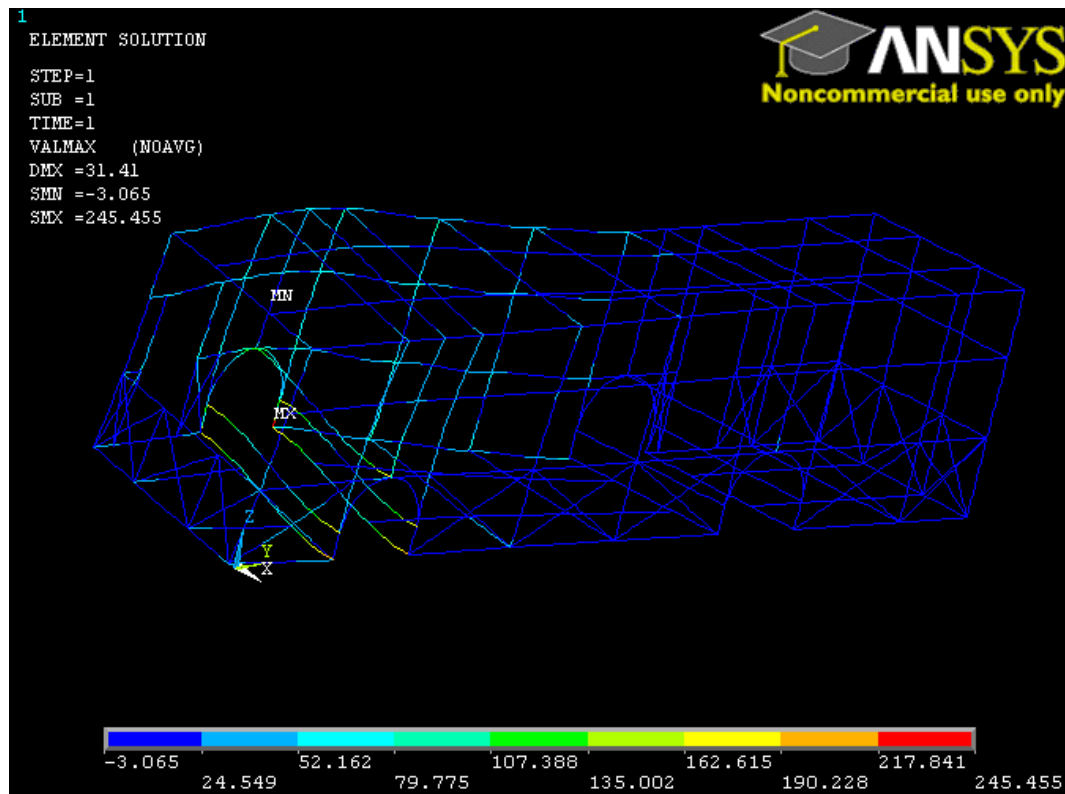


Figura 3. 31 Desplazamiento vertical en el paso de rueda delantero derecho

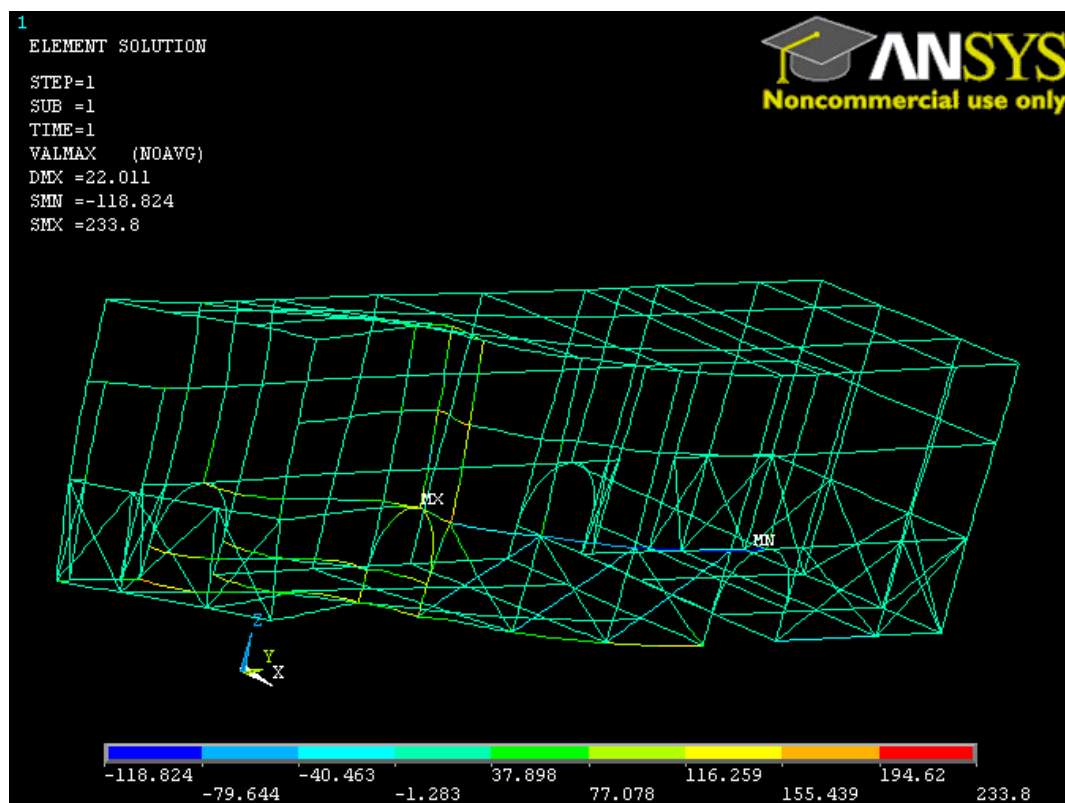


Figura 3. 32 Desplazamiento vertical en el paso de rueda delantero izquierdo

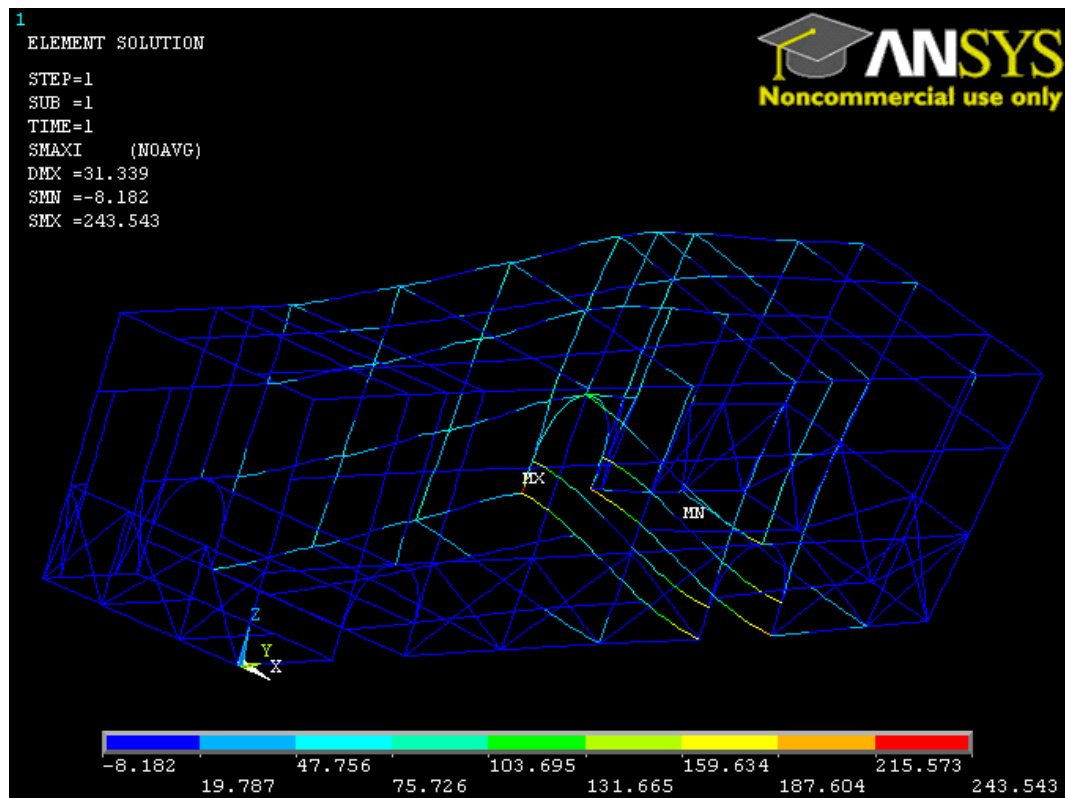


Figura 3. 33 Desplazamiento vertical en el paso de rueda trasero derecho

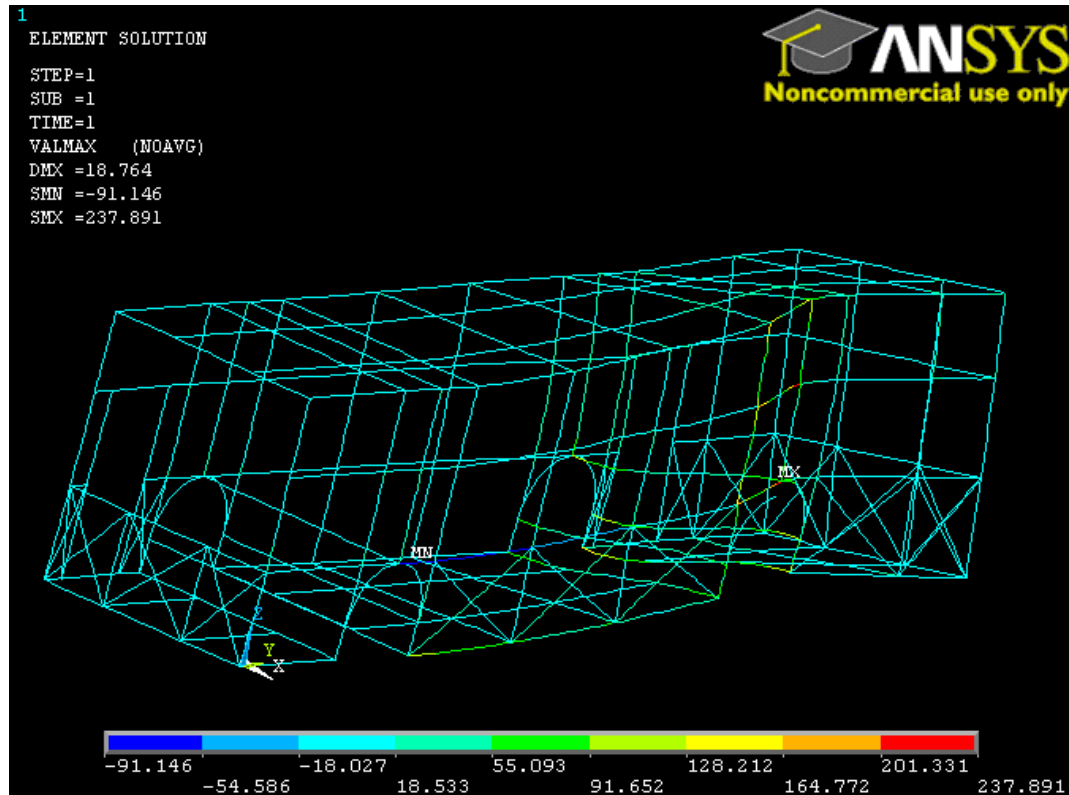


Figura 3. 34 Desplazamiento vertical en el paso de rueda trasero izquierdo

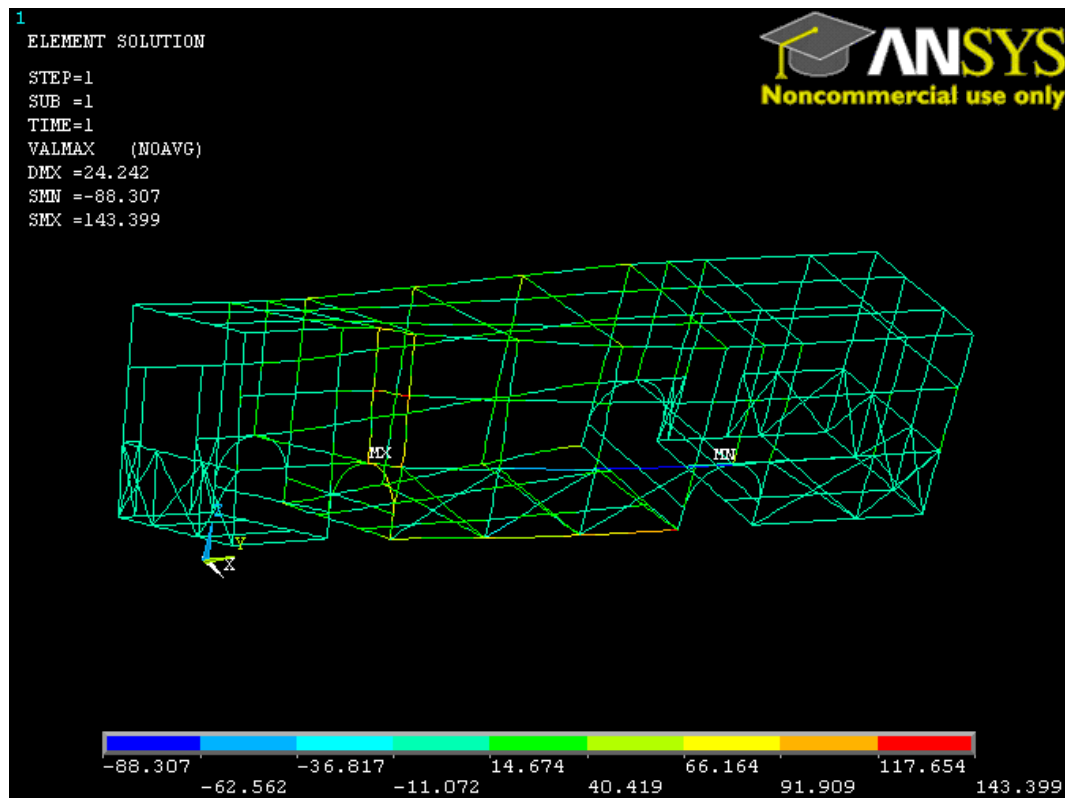


Figura 3. 35 Torsión pura en el paso de rueda delantero horario

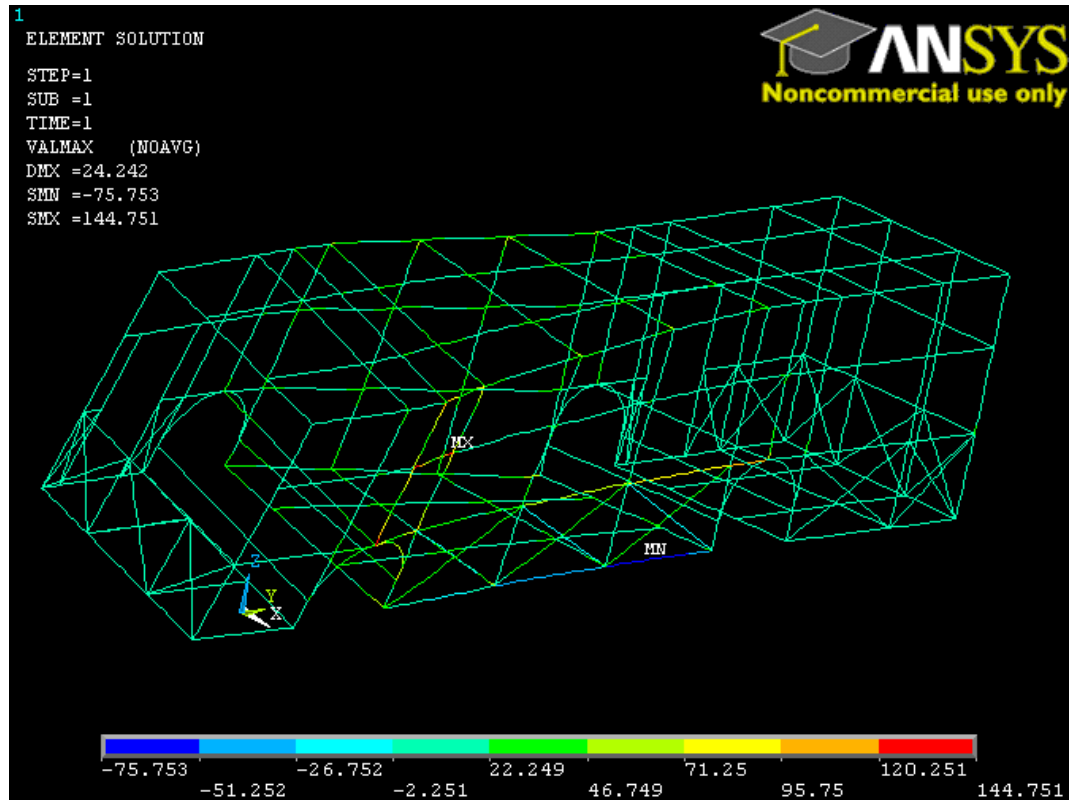


Figura 3. 36 Torsión pura en el paso de rueda delantero antihorario

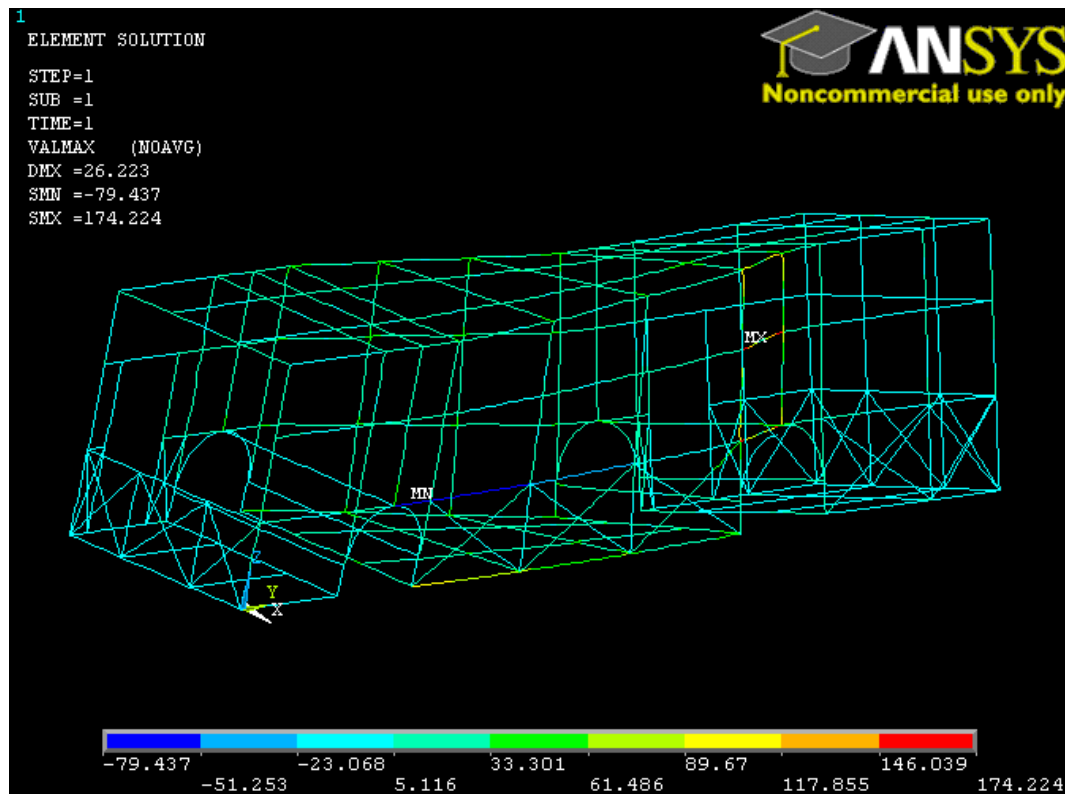


Figura 3. 37 Torsión pura en el paso de rueda trasero horario

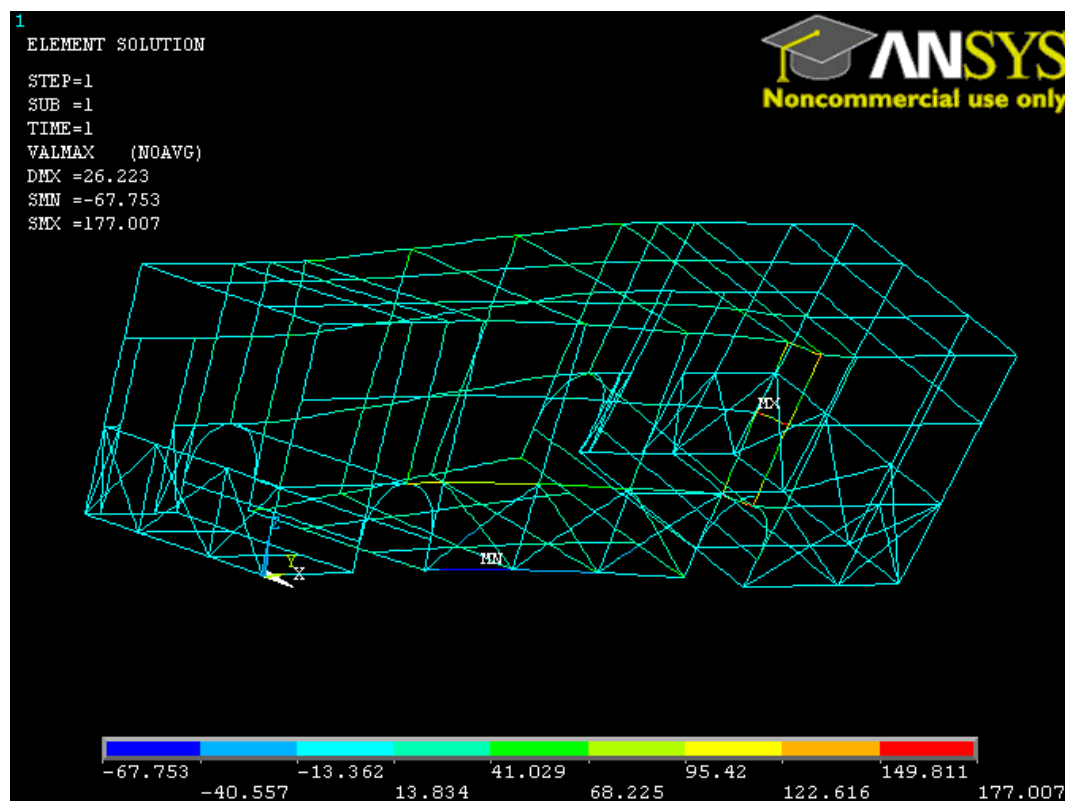


Figura 3. 38 Torsión pura en el paso de rueda trasero antihorario

Caso	Rigidez a torsión (Nm/grado)	Rotación máxima (grados)
Desplazamiento vertical en PRDD	40274,90	0,65
Desplazamiento vertical en PRDI	48237,71	0,58
Desplazamiento vertical en PRTD	39770,51	0,65
Desplazamiento vertical en PRTI	46649,51	0,59
Torsión pura PRD horario	38523,40	0,87
Torsión pura PRD antihorario	38523,40	0,87
Torsión pura PRI horario	37017,46	0,89
Torsión pura PRI antihorario	37017,46	0,89

Tabla 3. 7 Rigidez a torsión al aplicar un desplazamiento vertical de 15 mm a la carrocería del autobús sin suspensión

Finalmente, se ha determinado el máximo desplazamiento vertical que se puede aplicar a la carrocería del autobús para que la tensión no supere el límite elástico (250 MPa). En la tabla 3.8 se observa que el eje delantero admite un mayor desplazamiento vertical que el eje trasero, lo que es consecuente con los resultados de rigidez a torsión obtenidos en la tabla 3.7.

Punto de aplicación de la carga	Desplazamiento máximo admisible (mm)
PRDD	31,41
PRDI	22,01
PRTD	31,34
PRTI	18,77

Tabla 3. 8 Máximo desplazamiento vertical que se puede aplicar en la carrocería del autobús para que la tensión no supere el límite elástico

Una vez obtenidos los resultados se continúa con el análisis de las zonas más tensionadas al aplicar un desplazamiento vertical a cada una de las ruedas por separado. Tras el examen de los resultados de las tensiones, se puede observar como el comportamiento de la estructura del autobús depende del paso de rueda sobre el que se aplique el desplazamiento vertical. Podrían determinarse puntos críticos en lo referente a tensiones relativamente independientes del estado de carga al cual sea sometida la estructura, aunque la mayoría de las zonas que dependen en gran medida del punto de aplicación de la carga.

En la figura 3.39 se muestran las zonas más tensionadas del costado derecho de la carrocería del autobús. Este costado está claramente condicionado por la presencia de las puertas de acceso al vehículo y el hueco para acceder al generador en el lateral.

Otras zonas críticas que presenta el costado derecho son las referenciadas como A y B en la figura 3.39. Estas zonas dependen de cómo se cargue la estructura pudiendo ser un punto más crítico que otro, en función del estado de cargas en diagonal, es decir, si se carga el paso trasero derecho o el delantero izquierdo, la zona B es la más relevante.

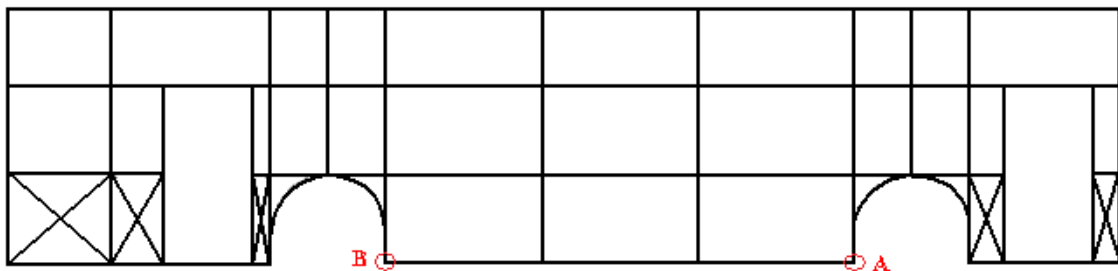


Figura 3. 39 Zonas tensionadas del costado derecho

En la figura 3.40, se muestran las zonas más tensionadas del costado izquierdo de la carrocería. En éste caso las zonas más críticas las encontraremos repartidas entre los pilares C, D y E representados en la figura 3.40.

Los pilares críticos son el C y el E, que sufren sus tensiones máximas al cargar el paso de rueda delantero izquierdo y trasero izquierdo respectivamente.

Finalmente, cabe también destacar la zona F del paso de rueda trasero. Esta zona se vuelve crítica ante las cargas de los pasos de rueda trasero izquierdo. A diferencia del costado derecho, este no presenta zonas críticas en el paso de rueda delantero debido a, probablemente, la ausencia de puerta entre los pasos de rueda.

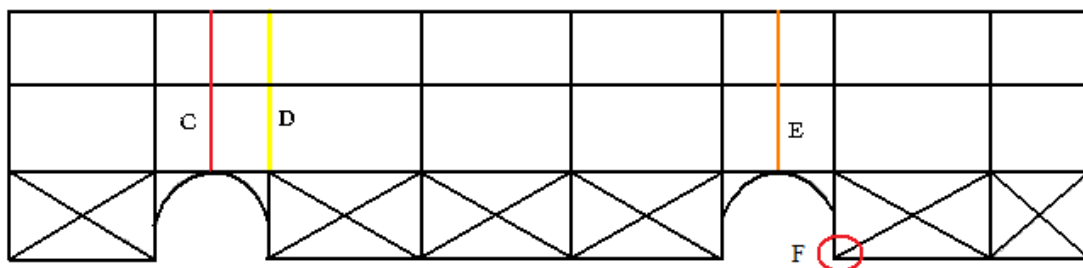


Figura 3. 40 Zonas tensionadas del costado izquierdo

Analizando el techo de la superestructura, cabe destacar que, a pesar de que, en principio se pudiese pensar que ésta era una zona propensa a soportar grandes tensiones, se observa que ninguno de los cuatro estados de carga genera tensiones tan grandes como las del resto de los puntos de la estructura.

Finalmente, el piso es la parte de la estructura cuyo comportamiento depende más fuertemente del paso de rueda que se cargue, ya que los efectos de dicha carga repercuten directamente sobre él, apareciendo las mayores tensiones en el paso de rueda cargado y su opuesto diagonalmente.

3.4.9 Conclusiones

A la vista de los resultados se puede decir que la existencia de puertas genera una concentración de tensiones y no dejan que los esfuerzos se repartan a lo largo de la estructura como ocurre en el costado izquierdo.

El análisis por el método de elementos finitos proporciona una solución al valor de rigidez a torsión de la estructura, el cual debería ser validado con un ensayo experimental para determinar la exactitud del resultado, ya que en el modelo de elementos finitos las vigas se comportan de una forma más rígida de lo que realmente son, por lo que la rigidez a torsión del ensayo experimental será menor que la teórica.

3.5 Prestaciones

La velocidad máxima que puede alcanzar el vehículo es un dato característico que se toma sobre el vehículo circulando en una superficie horizontal. El vehículo estudiado cuenta con un limitador de velocidad a 100 km/h. Las prestaciones dadas por el fabricante, que se indican en la tabla 3.9, han sido calculadas con un peso total de 18000 kg. El vehículo reformado alcanzará entonces, con toda seguridad, la velocidad de limitación. No obstante se realizan cálculos de comprobación.

Es necesario conocer, también la rampa máxima que puede superar el vehículo. Esto es más importante que la aceleración máxima, ya que se trata de un vehículo pesado. Puesto que la velocidad de circulación será pequeña en rampas elevadas, no se considerará la resistencia aerodinámica. La velocidad de ascensión se estimará aproximadamente constante.

A continuación, se realizan los cálculos para determinar la aptitud del vehículo reformado.

3.5.1 Velocidad máxima

Con los siguientes datos, que se obtienen de la ficha técnica del vehículo, se calcula el radio de la rueda.

Ancho de rueda en milímetros: $b = 295\text{mm}$

Diámetro de la llanta en pulgadas: $d = 22.5''$

Relación nominal de aspecto: $Rna = 80$

$$r = \frac{1}{2} \left(d \cdot 25.4 + 2 \frac{Rna}{100} \cdot b \right) = \frac{1}{2} \left(22.5 \cdot 25.4 + 2 \frac{80}{100} \cdot 295 \right) = 521.75\text{mm}$$

También de la ficha técnica se obtiene la velocidad de giro del motor a máxima potencia, que será:

$$n = 2100 \text{ r.p.m.}$$

Se estima un coeficiente de deslizamiento, que relaciona el radio real de la rueda con el radio efectivo de la misma de:

$$i = 0.05$$

El vehículo que se estudia usa una caja de cambios **ZF 6S 1600** de cambio manual y mando tipo joy-stick. Las prestaciones del vehículo dadas en la ficha técnica vienen representadas en la tabla 5.9.

380 CV	3,07 (serie)		3,21 (opcional)		3,42 (opcional)	
ZF 6S 1600/1601	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)	% (1)	Km/h (2)
1ª 7,72	35,6	17	37,5	16	40,5	15
6ª 1,00	3,04	130 (3)	3,25	125 (3)	3,5	117 (3)

Tabla 3. 9 Prestaciones dadas por el fabricante

Por otro lado, en la tabla 3.10, nos encontramos las relaciones de transmisión de la caja de cambios:

1ª	1 : 7.72	3ª	1 : 2.66	5ª	1 : 1.28
2ª	1 : 4.42	4ª	1 : 1.79	6ª	1 : 1.00
				M.A.	1 : 7.10

Tabla 3. 10 Relaciones de transmisión

En una gran cantidad de vehículos, se monta un desmultiplicador diferencial estándar. En el caso de la Unidad Móvil de Hemodonación que concierne a este escrito, se usa el grupo cónico de serie. Así, la relación de desmultiplicación será:

$$\xi_{dl} = 3.07$$

La relación de desmultiplicación total con el grupo diferencial, para la 6ª velocidad será:

$$\xi_{tl} = \xi_{6al} \cdot \xi_{dl} = 1 \cdot 3.07 = 3.07$$

De este modo, la velocidad máxima alcanzable para estos valores será:

$$v_{lmax} = \frac{\left(\pi n \frac{r}{1000}\right)}{30 \xi_{tl}} (1 - i) \cdot 3.6 = \frac{\left(2100 \pi \frac{521.75}{1000}\right)}{30 \cdot 3.07} (1 - 0.05) \cdot 3.6 = 127.82 km/h$$

$$v_{lmax} = 127.82 km/h$$

3.5.2 Esfuerzo tractor máximo limitado por la adherencia

Para el cálculo del esfuerzo tractor máximo, sin considerar la carga útil que, habitualmente, no será transportada, los coeficientes del valor de adherencia calzada-neumático y de resistencia a la rodadura considerados son:

$$\mu = 0.75$$

$$f_r = 0.05$$

Dado que el vehículo estudiado tiene tracción trasera, la ecuación que se tiene que usar para el cálculo del esfuerzo tractor máximo será:

$$F_{Ttmax} = \frac{\mu P_{total} (l_1 - h_0 f_r)}{L_1 - \mu h_0} = \frac{0.75 \cdot 13484.22 \cdot (4.13 - 1.37 \cdot 0.05)}{6.56 - 0.75 \cdot 1.37} = 7423.81 kg$$

$$F_{Ttmax} = 7432.81 kg$$

3.5.3 Rampa máxima

En cuanto al estudio de la rampa máxima superable, se estudiará en los casos de estar condicionada por adherencia, de estar en condiciones de arranque y de velocidad de ascenso constante. Para ello, los coeficientes de valor de adherencia calzada-neumático y de resistencia a la rodadura considerados serán los mismos que en el caso anterior:

$$\mu = 0.75$$

$$f_r = 0.05$$

3.5.3.1 Pendiente máxima limitada por adherencia

$$\theta = \left[\arcsin \left(\frac{F_{Ttmax} - P \cdot f_r}{P} \right) \right] = \left[\arcsin \left(\frac{7432.81 - 13484.22 \cdot 0.05}{13484.22} \right) \right] = 34.08^\circ$$

$$j_{max1} = 56.03\%$$

3.5.3.2 Pendiente máxima en condiciones de arranque

Para este cálculo, se considerarán los siguientes parámetros obtenidos de la ficha técnica del fabricante:

Momento motor máximo: $M_{mmax} = 1600 \text{ Nm}$

Rendimiento: $\eta = 0.8$

Relación de transmisión de 1ª: $\xi_{1a} = 7.72$

Esfuerzo resistente: $F_{t1max} = R_{t1} = \xi_{1a} \cdot M_{mmax} \cdot \eta$

Considerándose un valor de aceleración bastante realista de 0.5 m/s^2 , la pendiente máxima superable en condiciones de arranque será:

$$\theta = \left[\arcsin \left(\frac{F_{T1max} - P \cdot f_r - \frac{P \cdot a}{g}}{P} \right) \right] = 26.76^\circ$$

$$j_{max1} = 45.02\%$$

3.5.3.3 Pendiente máxima en ascenso a velocidad constante

Esfuerzo resistente: $F_{t2max} = R_{t2} = \xi_{1a} \cdot M_{mmax} \cdot \eta$

$$\theta = \left[\arcsin \left(\frac{F_{T2max} - P \cdot f_r}{P} \right) \right] = 43.06$$

$$j_{max1} = 68.28\%$$

3.6 Estudio básico de la dinámica lateral del vehículo

3.6.1 Giro a baja velocidad

El primer paso del estudio del comportamiento direccional de un vehículo cuando está trazando una curva consiste en la realización de un análisis cuando éste se desplaza a baja velocidad. En las maniobras que se realizan en estos casos, la fuerza centrífuga puede considerarse despreciable, los ángulos de deriva de los neumáticos son nulos, ya que no precisan realizar ninguna fuerza lateral (salvo que se trate de vehículos con ejes en tándem no direccionales), y también se considera nula la transferencia de carga entre las ruedas de un mismo eje. La trayectoria del vehículo se determinará sólo en función de la orientación de las ruedas directrices respecto al plano longitudinal XZ, impuestas por el sistema de dirección como función, a su vez, de la posición del volante. Es decir, el comportamiento direccional del vehículo, en estas condiciones, sólo dependerá de la posición del sistema de dirección.

En general, la geometría de la dirección se caracteriza por dos aspectos independientes:

- Geometría del giro
- Geometría de las ruedas

Mediante la conjunción de ambas se ha de lograr que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor con la máxima precisión y de forma suave y segura.

Al trazar una curva, la trayectoria a seguir por una y otra rueda directriz no es la misma, ya que cada una de ellas tiene distinto radio de curvatura. Si la orientación de ambas ruedas fuese la misma en todo momento, nos encontraríamos con que una (o las dos ruedas) sufriría deslizamiento lateral, lo que generaría dificultades en el manejo de la dirección y un mayor desgaste del neumático.

Así, el objetivo que se debe cumplir es conseguir que durante el giro no exista deslizamiento (o que sea mínimo). A dicho objetivo hay que añadir que, según la Reglamentación General de Vehículos, todo tipo de vehículo a motor ha de ser capaz de describir por ambos lados una trayectoria circular completa de 360° dentro de un área definida por dos círculos concéntricos cuyos radios sean, respectivamente, de 12,5 m y de 5,30 m. Para verificar los requerimientos descritos se utilizará el siguiente modelo, que se representa en la figura 3.41, basado en la condición de Ackerman para la geometría de la dirección, siendo:

δ_e : Ángulo de guiado de la rueda exterior.

δ_i : Ángulo de guiado de la rueda interior.

δ : Valor promedio de los ángulos de guiado, denominado ángulo de Ackerman.

R : Radio de la curva desde el centro de la misma hasta el c.d.g. del vehículo

L : Batalla del vehículo

b : Distancia entre las ruedas del eje directriz

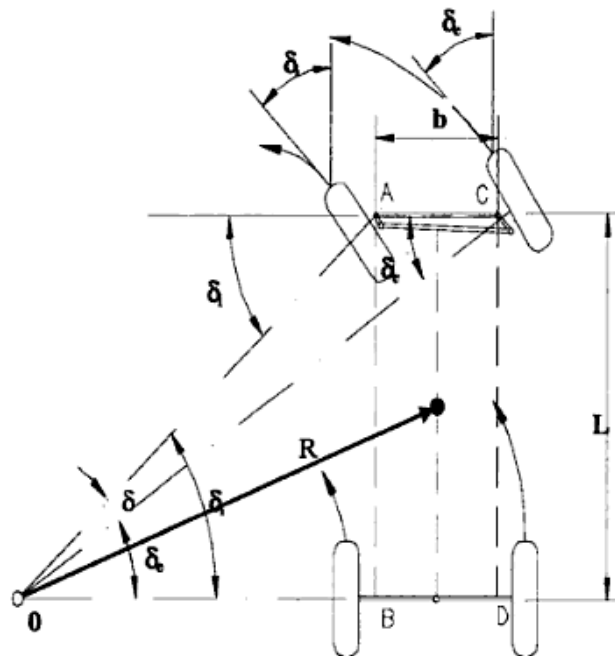


Figura 3. 41 Geometría de Ackerman

De la figura 3.41, se puede deducir la geometría durante el giro que sería:

$$\tan \delta_e = \frac{L}{R + b/2} \Rightarrow \cotg \delta_e = \frac{R + b/2}{L}$$

$$\tan \delta_i = \frac{L}{R - b/2} \Rightarrow \cotg \delta_i = \frac{R - b/2}{L}$$

Restando ambas expresiones se puede concluir que:

$$\cotg \delta_e - \cotg \delta_i = \frac{R + b/2}{L} - \frac{R - b/2}{L} = \frac{b}{L}$$

Por otro lado, conociendo que el ángulo de Ackerman es el promedio del ángulo promedio de los ángulos de guiado exterior e interior se puede concluir que:

$$\cotg \delta = \frac{\cotg \delta_e + \cotg \delta_i}{2} = \frac{R + b/2}{2L} + \frac{R - b/2}{2L} = \frac{R}{L}$$

$$\delta = \arctg \frac{L}{R}$$

Para el caso que se estudia en este proyecto se ha obtenido, de manera experimental, los valores de los ángulos de guiado de las ruedas directrices, siendo éstos:

$$\delta_i = 52.8^\circ$$

$$\delta_e = 39.9^\circ$$

Con dichos datos se obtiene que el ángulo de Ackerman será:

$$\cotg \delta = \frac{\cotg \delta_e + \cotg \delta_i}{2} = \frac{\cotg 39.9 + \cotg 52.8}{2} \Rightarrow \delta = 46.35^\circ$$

Con ello se puede obtener el radio de la curva desde el centro de la misma hasta el c.d.g. del vehículo. Su valor es:

$$\tan \delta = \frac{R}{L} \Rightarrow R = L \cdot \tan \delta = 6.56m \cdot \tan 46.35 = 6.876 m$$

Como ya se ha dicho, el radio obtenido en el caso anterior va hasta el centro de gravedad del vehículo. Para cumplir con la Reglamentación General de Vehículos, la Unidad Móvil ha de ser capaz de describir por ambos lados una trayectoria circular completa de 360° dentro de un área definida por dos círculos concéntricos cuyos radios sean, respectivamente, de 12, 5 m y de 5.30 m. A continuación calcularemos los

radios R_e y R_i , representados en la figura 3.42, que corresponden a los datos requeridos por la norma.

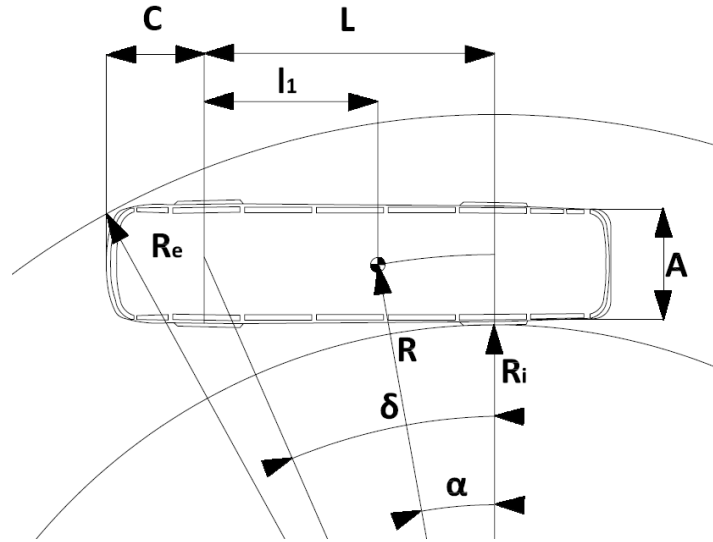


Figura 3. 42 Giro del vehículo a baja velocidad

R_e y R_i se hallarán aplicando relaciones trigonométricas entre los parámetros descritos en la figura 3.42, de manera que:

$$A = 2.5 \text{ m} \quad C = 2.34 \text{ m} \quad L = 6.56 \text{ m}$$

$$l_1 = 4.13 \text{ m} \quad t = -0.16 \text{ m} \quad \alpha = \arcsen \frac{L-l_1}{R} = 20.7^\circ$$

$$R_i = R \cdot \cos \alpha - \left(\frac{A}{2} + t \right) = 6.876 \cdot \cos 20.7^\circ - \left(\frac{2.5}{2} - 0.006 \right) = 5.34 \text{ m}$$

$$R_e = \sqrt{(C + L)^2 + (R_i + A)^2} = 11.92 \text{ m}$$

Nota: "t" es la posición transversal del c.d.g. calculada en el apartado 5.2.3.

Como se observa, tanto el radio interior como el superior calculados cumplen los requisitos y son mayor de 5.3 m y menor de 12.5 m, respectivamente. Por tanto, queda demostrado que la Unidad Móvil de Hemodonación puede realizar un giro de 360° sin superar las cotas que figuran en la normativa.

3.6.2 Estudio de velocidades de derrape y vuelco.

Para obtener una aproximación de las velocidades límite de derrape y de vuelco se considerará el vehículo con suspensión rígida. Esto quiere decir que el desplazamiento del centro de gravedad como consecuencia del giro es despreciable.

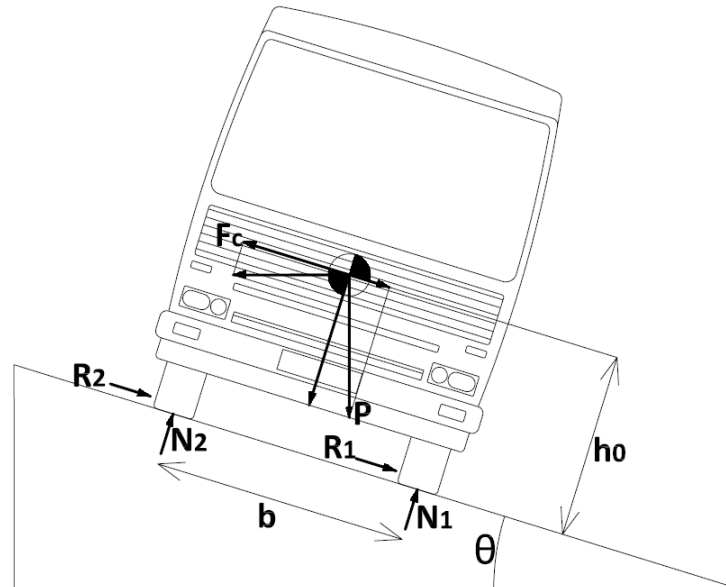


Figura 3. 43 Modelo bidimensional para el cálculo aproximado de las velocidades límite de derrape y vuelco

Las fuerzas actuantes sobre el vehículo (Figura 3.43) son las siguientes:

- Peso del vehículo (P): Fuerza vertical aplicada en el centro de masas del móvil, c , generada como consecuencia de la acción del campo gravitatorio terrestre. Puede expresarse en función de la aceleración de la gravedad, g , y de la masa del vehículo, m :

$$P = m \cdot g$$

- Fuerza centrífuga (F_c): Provocada por la variación en la dirección del vehículo dentro de la curva circular. Es proporcional a la aceleración normal, a_n , que depende de la velocidad a la que circula el vehículo, v , y del radio r de la curva. Su expresión matemática es la siguiente:

$$F_c = m \cdot a_n = m \frac{v^2}{r}$$

- Fuerza de rozamiento (R): Fuerza pasiva producida por el contacto entre neumático y pavimento. Depende de la reacción normal a la superficie de contacto, N , y del coeficiente de resistencia al deslizamiento transversal, f_t . Su expresión matemática es la siguiente:

$$R = f_t \cdot N$$

Para evaluar la estabilidad del vehículo es necesario analizar dos hipótesis diferenciadas: la hipótesis de derrape y la hipótesis de vuelco.

3.6.2.1 Hipótesis de derrape

En este caso se estudia el movimiento del vehículo en el plano de rodadura, que coincide con la superficie del pavimento en contacto con el neumático. Planteando la ecuación de equilibrio de fuerzas en dicho plano, según el esquema expuesto en la figura 5.41, se obtiene la siguiente igualdad:

$$F_c = R_1 + R_2 + P \cdot \text{sen}\theta$$

Sustituyendo por las correspondientes expresiones equivalentes, anteriormente citadas:

$$m \frac{v^2}{r} = f_t(N_1 + N_2) + mg \cdot \text{sen}\theta$$

Teniendo en cuenta que para ángulos pequeños, puede hacerse la aproximación $\text{sen}\theta = \tan\theta = \theta$, por tratarse de infinitésimos equivalentes, y que $\cos\theta \approx 1$, la anterior expresión queda simplificada:

$$m \frac{v^2}{r} = mgf_t + mg\theta$$

Cancelando la masa a ambos lados de la ecuación y trasladando el radio al otro miembro, quedará:

$$v^2 = r \cdot g(f_t + \theta)$$

Siendo ésta la condición de equilibrio de fuerzas horizontales en una curva circular. Sin embargo, la condición de deslizamiento dependerá de los valores adoptados por el peralte y la velocidad de circulación del vehículo, pudiéndose dar un desplazamiento del vehículo hacia el exterior de la curva, provocado por una velocidad excesiva, por insuficiencia de peralte o por una baja adherencia neumático pavimento, o por el contrario, un deslizamiento hacia el interior de la curva, ocasionado normalmente por un peralte excesivamente pronunciado (tabla 3.11) ,siendo el primer caso es el más común.

<i>Caso</i>	<i>Premisa</i>	<i>Condición de deslizamiento</i>	<i>Causas</i>
Desplazamiento hacia el exterior	$p < \frac{v^2}{gr}$	$v^2 > rg \cdot (p + f_t)$	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad excesiva - Peralte insuficiente - Baja adherencia
Desplazamiento hacia el interior	$p > \frac{v^2}{gr}$	$v^2 < rg \cdot (p + f_t)$	<ul style="list-style-type: none"> - Peralte excesivo - Velocidad baja

Tabla 3. 11 Condiciones de deslizamiento en curvas

No obstante, siendo conservativos, la ecuación que se aplicará para el cálculo de la velocidad de vuelco será:

$$v_{ld} = \sqrt{\frac{grf_t + \tan \theta}{1 - f_t \tan \theta}}$$

3.6.2.2 Hipótesis de vuelco

El vuelco del vehículo tendrá lugar si el momento producido por las fuerzas desestabilizadoras supera al momento generado por las fuerzas estabilizadoras que sobre él inciden. Planteando el equilibrio de momentos respecto del centro de gravedad del vehículo, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{b}{2}(N_2 - N_1) = h_0(R_1 + R_2)$$

Teniendo en cuenta que la fuerza de rozamiento, R_i , puede expresarse en función de la normal correspondiente, N_i , la anterior expresión de equilibrio puede describirse como:

$$\frac{b}{2}(N_2 - N_1) = h_0(N_1 + N_2)$$

Los puntos críticos donde puede producirse este vuelco son aquellos donde se produce el contacto del vehículo con el firme, pudiéndose ocasionar vuelco hacia el exterior o hacia el interior de la curva. La condición de vuelco se producirá si el valor de cualquiera de las dos reacciones verticales, N_1 ó N_2 , se anula totalmente, con lo cual la condición límite que se obtiene en ambos casos, vuelco hacia el exterior o vuelco hacia el interior de la curva, es la siguiente:

$$f_t > \frac{b}{2h_0}$$

Siendo la velocidad límite de vuelco:

$$v_{lv} = \sqrt{gr \frac{\frac{b}{2h_0} + \tan \theta}{1 - \frac{b}{2h_0} \tan \theta}}$$

3.6.2.3 Conclusiones

Cuando $f_t = b/2h_0$ los fenómenos de derrape y vuelco sobrevendrán para el mismo valor de la velocidad, con valores determinados de R y θ . Esto es:

$$f_{tmax} = \frac{b}{2h_0} = \frac{(2.096 + 1.838)/2}{2 \cdot 1.37} = 0.72$$

$$f_{tmax} = \frac{b}{2h_0} = \frac{a_{vuelco}}{g} = 0.72 \gg 0.55g$$

$$a_{límite} = 0.55g$$

A continuación se comprueba que el vehículo sólo comienza a sentir estos fenómenos para radios de curva menores de 148 m, puesto que la velocidad máxima del vehículo es de 100 km/h (impuesta por el limitador de velocidad). La comprobación se ha llevado a cabo para un coeficiente de adherencia alto (de valor 0.8). En la tabla 3.12 de la página siguiente se muestran los valores de velocidad para distintos radios de curva en los que podrían surgir estos problemas y para valores límites de coeficiente de adherencia y peralte.

Si no se tienen en cuenta esas restricciones, al sobrepasar las velocidades indicadas, el vehículo puede volcar o perder su trayectoria.

f_t	R(m)	v_{ld} (km/h)			v_{lv} (km/h)		
		$\theta=0^\circ$	$\theta=7^\circ$	$\theta=15^\circ$	$\theta=0^\circ$	$\theta=7^\circ$	$\theta=15^\circ$
0,5	5	17,83	18,45	18,50	22,55	25,50	29,39
	12	27,62	28,54	28,57	34,93	39,51	45,53
	20	35,66	36,83	36,86	45,09	51,01	58,78
	50	56,38	58,21	58,23	71,29	80,65	92,94
	65	64,28	66,37	66,38	81,29	91,96	105,97
	85	73,51	75,89	75,90	92,96	105,16	121,18
	105	81,70	84,34	84,36	103,32	116,87	134,68
	130	90,91	93,85	93,86	114,96	130,05	149,86
	155	99,26	102,47	102,48	125,53	142,00	163,63
0,65	5	20,33	21,23	21,28	22,55	25,50	29,39
	12	31,49	32,86	32,89	34,93	39,51	45,53
	20	40,65	42,40	42,43	45,09	51,01	58,78
	50	64,28	67,03	67,04	71,29	80,65	92,94
	65	73,29	76,42	76,43	81,29	91,96	105,97
	85	83,81	87,39	87,40	92,96	105,16	121,18
	105	93,15	97,12	97,13	103,32	116,87	134,68
	130	103,65	108,07	108,08	114,96	130,05	149,86
	155	113,18	118,00	118,01	125,53	142,00	163,63
0,72	5	21,09	22,11	22,15	22,55	25,50	29,39
	12	32,68	34,21	34,24	34,93	39,51	45,53
	20	42,19	44,15	44,17	45,09	51,01	58,78
	50	66,71	69,79	69,81	71,29	80,65	92,94
	65	76,06	79,57	79,58	81,29	91,96	105,97
	85	86,98	90,99	91,00	92,96	105,16	121,18
	105	96,67	101,13	101,14	103,32	116,87	134,68
	130	107,56	112,52	112,53	114,96	130,05	149,86
	155	117,45	122,86	122,87	125,53	142,00	163,63
0,8	5	22,27	23,46	23,50	22,55	25,50	29,39
	12	34,50	36,31	36,33	34,93	39,51	45,53
	20	44,53	46,86	46,88	45,09	51,01	58,78
	50	70,42	74,07	74,08	71,29	80,65	92,94
	65	80,29	84,45	84,46	81,29	91,96	105,97
	85	91,81	96,57	96,58	92,96	105,16	121,18
	105	102,04	107,33	107,34	103,32	116,87	134,68
	130	113,54	119,42	119,43	114,96	130,05	149,86
	155	123,98	130,40	130,41	125,53	142,00	163,63

Tabla 3. 12 Velocidades máximas en función de peralte, pendiente y radio de curva

3.7 Esfuerzos sobre el bastidor

Para analizar si el bastidor del chasis es apto o no para soportar la superestructura diseñada y los distintos equipamientos de la Unidad Móvil de Hemodonación es necesario estudiar las solicitaciones a las que se ve sometido. El perfil que usa el bastidor (seleccionado por el proveedor) se representa en la figura 3.44:

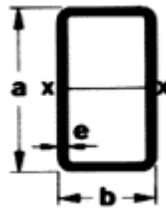


Figura 3. 44 Perfil del bastidor

3.7.1 Cálculo del módulo resistente (W_x), momentos de inercia (I_x , I_y) del bastidor, momento polar y módulo resistente a torsión.

Para el cálculo de los momentos de inercia y módulo resistente del bastidor se estudian las características geométricas de la sección que compone el bastidor. Se aplica también para dicho cálculo el teorema de Steiner.

Para conocer el eje neutro se toman momentos estáticos del bastidor respecto del eje de referencia. Una vez conocido el eje neutro se determina el momento de inercia del bastidor respecto del eje neutro. De esta forma se obtienen los resultados que se representan en la tabla 3.13.

Dimensiones exteriores a x b (mm)	Espesor e (mm)	Área A (cm ²)	Momento polar de inercia J (cm ⁴)	Momento de inercia x-x I_x (cm ⁴)	Momento de inercia y-y I_y (cm ⁴)	Módulo resistente a torsión C (cm ³)	Módulo resistente a flexión W_x (cm ³)
60x40	3.2	5.941	30.76	28.32	1.577	11.75	9.439

Tabla 3. 13 Características del perfil del bastidor

3.7.2 Esfuerzos cortantes, momentos flectores y tensiones de trabajo a cortadura y a flexión resultantes en las distintas secciones del bastidor

Las tensiones de trabajo a cortadura y las tensiones de trabajo a flexión en las distintas secciones del bastidor han sido calculadas mediante las siguientes expresiones:

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{Q}{2 \cdot A}$$

$$\sigma = \frac{M_f}{2W_x}$$

En las figuras 3.45 y 3.46 se recogen los diagramas de esfuerzos cortantes y flectores del vehículo. El valor x indica la distancia de la sección, considerada desde el inicio de la carrocería:

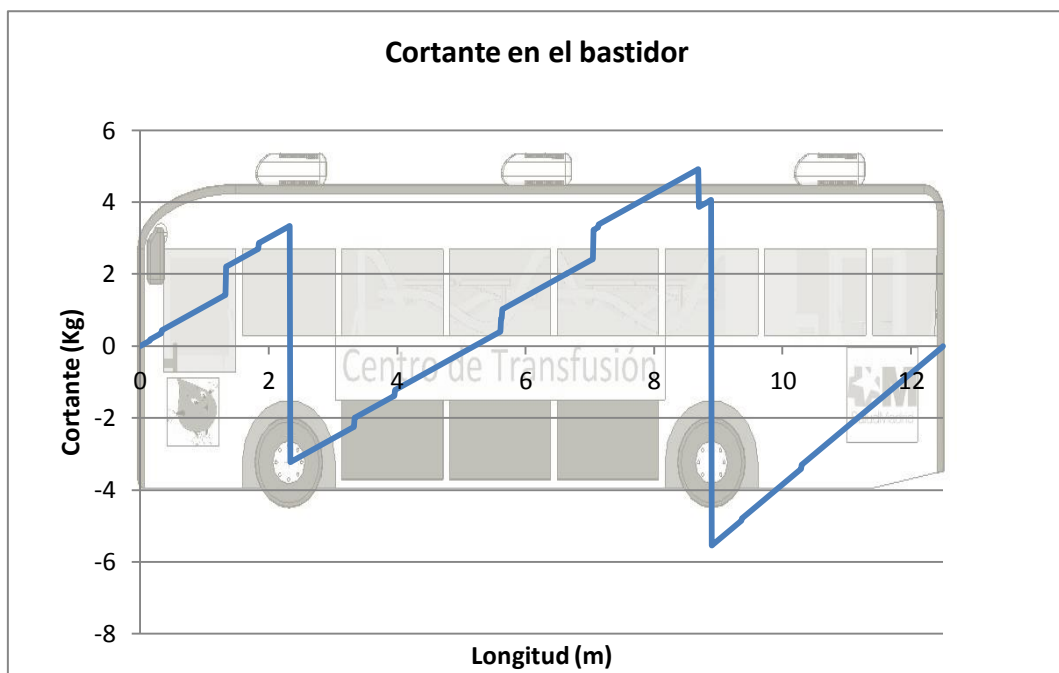


Figura 3. 45 Cortante en el bastidor

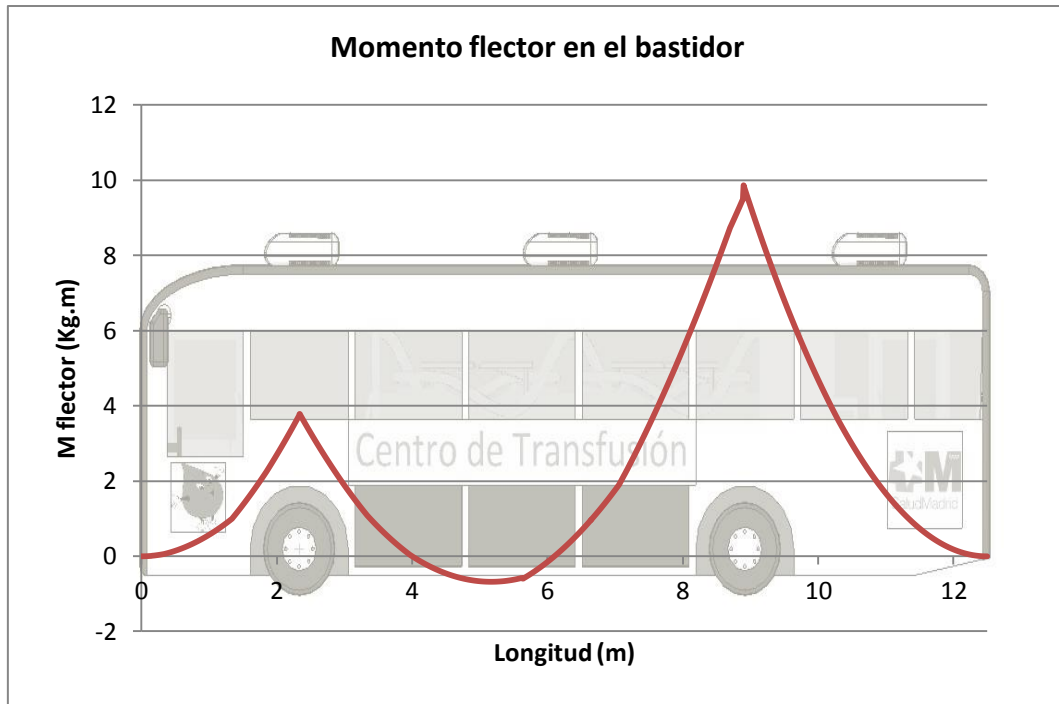


Figura 3. 46 Momento flector en el bastidor

3.7.3 Tensiones de trabajo máximas a cortadura, flexión y combinadas. Cálculo de coeficientes de seguridad.

Las tensiones a cortadura y flexión máximas que actúan sobre el bastidor, ambas a $x = 8.9$ m, teniendo en cuenta que al existir dos largueros hay que dividir los esfuerzos flectores y cortantes entre los mismos, son:

$$\sigma_{max} = 261.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{max} = 310.835 \text{ kg/cm}^2$$

La tensión de comparación o tensión debida a la acción simultánea de esfuerzos cortantes y momentos flectores sobre una misma sección se ha calculado mediante la expresión:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

En el caso que se estudia, la tensión equivalente máxima será:

$$\sigma_{eq,max} = 598,42 \text{ kg/cm}^2$$

El coeficiente de seguridad ha sido calculado mediante la expresión:

$$n = \frac{\text{Resistencia de cálculo del acero } (\sigma_u)}{\text{Tensión de trabajo } (\sigma_i)}$$

Los resultados obtenidos de estos coeficientes de seguridad, considerando la resistencia del acero como $\sigma_y=4300 \text{ kg/cm}^2$, se muestran en la tabla 3.14:

	A cortadura (τ)	A flexión(σ)	Combinada(σ_{eq})
σ_{eq} (kg/cm^2)	538.382	261.24	598.42
σ_y (kg/cm^2)	4300	4300	4300
n	7.98	16.46	7.18

Tabla 3. 14 Tensiones máximas y coeficientes de seguridad

Dado que el coeficiente de seguridad mínimo es superior a 3, el perfil estudiado es apto para las solicitaciones descritas.

3.8 Estudio de uniones soldadas y atornilladas

3.8.1 Uniones soldadas de la prolongación del bastidor

Para lograr que la Unidad Móvil de la Unidad de Hemodonación tenga la longitud deseada de 12.5 m, hubo que cortar el bastidor original para prolongar la batalla original (de 3 m de longitud) hasta los 6.56 m que se le han dado definitivamente.

Es bastidor fue cortado a 1,5 m de los ejes (tanto de los traseros como de los delanteros) ya que, según el fabricante, en las zonas fuera de dichos tramos pueden existir puntos de refuerzo de gran importancia estructural que no deben ser en ningún caso modificados.

Por esta razón, las uniones soldadas de la estructura que se añade (de 3880 mm de longitud) a la original se encontrarán en los puntos, $x = 3.84\text{m}$ y $x = 7.72\text{m}$. Existirán, entonces, en cada uno de dichos puntos, dos soldaduras, tal y como se muestra en la figura 3.47.

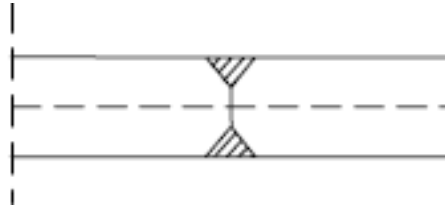


Figura 3. 47 Tipo de soldaduras en el bastidor

Dicha soldadura se realizará con un material de aporte de peor calidad que el bastidor. El alambre de aportación para las soldaduras tendrá una resistencia de $\sigma_y = 3760 \text{ kg/cm}^2$ (Tipo DIN 8559-SG3 M2 5243).

Las tensiones existentes en dichos puntos serán:

- En $x = 3.84 \text{ m}$

$$\sigma_{max} = 168,08 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{max} = 11.78 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eq,max} = 169.31 \text{ kg/cm}^2$$

- En $x = 7.72 \text{ m}$

$$\sigma_{max} = 444,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{max} = 229.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eq,max} = 595.62 \text{ kg/cm}^2$$

Los coeficientes de seguridad obtenidos en estos puntos, se muestran en la tabla 3.15:

	x=3.84m			x=7.72m		
	A cortadura (τ)	A flexión (σ)	Combinada(σ_{eq})	A cortadura (τ)	A flexión (σ)	Combinada(σ_{eq})
σ_{eq} (kg/cm^2)	20.40	168.08	169.31	396.88	444.13	595.62
σ_y (kg/cm^2)	3760	3760	3760	3760	3760	3760
n	184.31	22.37	22.21	9.47	8.46	6.31

Tabla 3. 15 Tensiones máximas y coeficientes de seguridad en las uniones soldadas

Se puede observar que en todos los casos se cumplen condiciones de seguridad suficientes.

3.8.2 Uniones atornilladas de la superestructura al bastidor

Las fijaciones se han de determinar según la superestructura prevista y la función que ha de cumplir el vehículo. Otros factores como el tipo de vía por la que circulará el vehículo también podrían influir en la elección de los anclajes.

El número de puntos de fijación será tal que esté garantizada la absorción de las fuerzas de choque frontal. Debido a la existencia de fletores en esta fijación, se utilizarán fijaciones con placa frontal soldada a la superestructura y atornillada al bastidor con seis tornillos M22 de calidad 10.9 y con un espesor de placa de 20 mm, tal y como se ve en la figura 3.48.

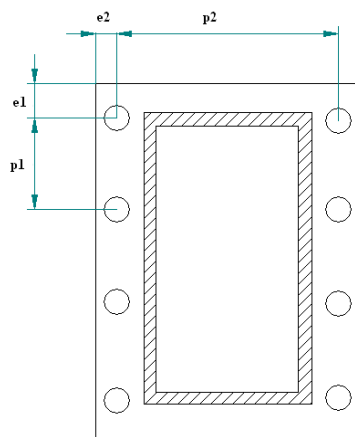


Figura 3. 48 Tipo de uniones atornilladas de la unión de la superestructura al bastidor

Considerando que la superestructura y todos los componentes que aloja en su interior tienen una masa de 13484 kg, se contemplará la situación de choque frontal para el cálculo de las uniones atornilladas.

ENSAYO	VELOCIDAD DE CHOQUE (km/h)	ANGULO DE CHOQUE (°)	MASA DEL VEHICULO (kg)	TIPO DE VEHICULO
TB11	100	20	900	Turismo
TB21	80	8	1.300	Turismo
TB22	80	15	1.300	Turismo
TB31	80	20	1.500	Turismo
TB32	110	20	1.500	Turismo
TB41	70	8	10.000	Camión
TB42	70	15	10.000	Camión
TB51	70	20	13.000	Autocar
TB61	80	20	16.000	Camión
TB71	65	20	30.000	Camión
TB81	65	20	38.000	C. Articulado

Tabla 3. 16 Ensayos de choque según norma UNE EN 1317-2

Analizando la tabla 3.16 se observa que, en este caso, la deceleración existente será de 70 m/s^2 (considerando que la pérdida de velocidad de 70 a 0 km/h se produce en 0.25 s) y, por tanto, el cortante (fuerzas de inercia) que aparecerá será:

$$Q = \frac{\frac{70m}{s^2} \cdot 13484.22kg}{\frac{10N}{kg}} = 94389.54 \text{ kg}$$

Se resuelve, con el programa Ed-Trim, la estructura que se generaría, concentrándose la carga en el centro de gravedad, y que viene representada en la figura 5.47.

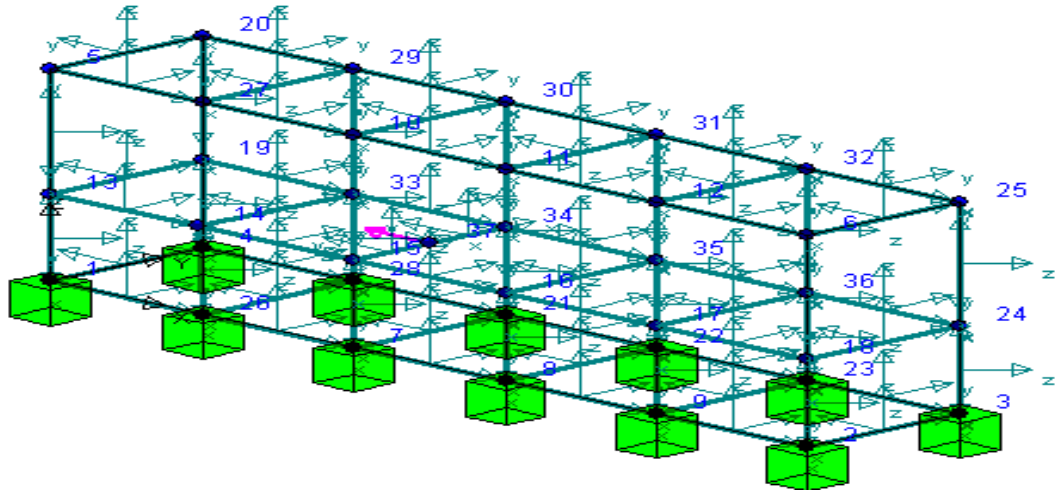


Figura 3. 49 Concentración de cargas en el centro de gravedad en el choque frontal

Se utilizarán 12 uniones como las especificadas en la figura 3.48. Con la resolución de la estructura de la figura 3.49, se obtiene que la unión más solicitada estará sometida a:

$$M_f = 7430 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$Q = 8360 \text{ kg}$$

En estas condiciones se continúa calculando las uniones.

3.8.2.1 Cálculo de la unión soldada de la chapa frontal a la superestructura

Se utilizará un cordón de soldadura de $a = 40 \text{ mm}$ (anchura) en cada uno de los laterales del perfil y una chapa de acero S355 y resistencia última $\sigma_u = 4800 \text{ kg/cm}^2$.

De este modo se debe de cumplir:

$$Q' \leq a \cdot f_w$$

$$f_w = \frac{4800/\sqrt{3}}{0.85 \cdot 1.25} = 2608.26 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q' = \frac{8360}{2 \cdot 7} = 597,14 \text{ kg/cm}$$

$$Q' = 597,14 \text{ kg/cm} \leq a \cdot f_w = 3 \cdot 2608.26 = 7824.79 \text{ kg/cm}$$

Como puede observarse, esta condición se cumple. Pero también debe verificarse la siguiente condición:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq f'$$

$$\sigma = \tau = \frac{F\sqrt{2}}{4 \cdot a \cdot b}$$

$$F = \frac{M_f}{h + e}$$

$$f' = \frac{\sigma_u}{0.85 \cdot 1.25} = 3952.94 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo b el ancho del perfil, h la altura del perfil, e el espesor del perfil y F las fuerzas de tracción compresión generadas por el flector actuante.

$$F = \frac{7430 \text{ kg} \cdot \text{m}}{0.07 + 0.0032} = 101502.73 \text{ kg}$$

$$\sigma = \tau = \frac{101502.73 \cdot \sqrt{2}}{4 \cdot 4 \cdot 4} = 2242.91 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 4485.83 \leq f' = 4517.64$$

Como puede observarse, esta segunda condición también se cumple. Con estos cálculos queda demostrado que la chapa frontal unida a la superestructura aguantaría las solicitaciones a las que es sometida.

3.8.2.2 Cálculo de la unión atornillada de la chapa frontal al bastidor.

En primer lugar se elegirá la disposición de tornillos que de muestra a continuación, referenciada a la figura 5.44:

$$e_1 = 45 \text{ mm}$$

$$p_1 = 70 \text{ mm}$$

$$e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$p_2 = 70 \text{ mm}$$

Se calcula la resistencia a cortante:

$$F_Q = \frac{2.5 \cdot 0.6 \cdot 4800 \cdot 24 \cdot 20}{1.25} = 2805.4 \text{ kg}$$

Debiéndose cumplir que:

$$Q'' = \frac{Q}{8} = \frac{8360 \text{ kg}}{8} = 1045 \text{ kg} \leq F_Q = 2805.4 \text{ kg}$$

Cumpléndose esta condición, se calcula ahora la resistencia a flector:

$$M_u = \frac{F_t}{A \cdot c} \left[\frac{dc^3}{3} + \frac{bc_1^3}{3} \right]$$

Siendo:

$$F_t = \frac{0.9 \cdot 4800 \cdot 0.353}{1.25} = 2541.6 \text{ kg}$$

$$A = 353 \text{ mm}^2$$

$$d = 10.08 \text{ mm}$$

$$c_1 = 23.4 \text{ mm}$$

$$c = 46.6 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$M_u = \frac{2541.6 \text{ kg}}{A \cdot c} \left[\frac{dc^3}{3} + \frac{bc_1^3}{3} \right] = 78930.06 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Como se observa, se cumple que:

$$M_u = 78930.06 \text{ kg} \geq M_f = 7430 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Por último, se comprueba la unión a una sollicitación combinada. Se debe de cumplir que:

$$\frac{Q''}{F_Q} + \frac{M_f}{M_u} \leq 1 \Rightarrow \frac{1045 \text{ kg}}{2805.4 \text{ kg}} + \frac{7430 \text{ kg} \cdot \text{m}}{78930.06 \text{ kg} \cdot \text{m}} = 0.46 \leq 1$$

Queda así demostrado que la unión atornillada aguanta a cortante y flexión. Esto, junto a la demostración del aguante de la unión soldada, lleva a concluir que las uniones de la superestructura al bastidor aguantarán las solicitaciones en situación de choque frontal.

3.8.3 Uniones atornilladas en el interior de la unidad móvil

Las uniones atornilladas que existirán serán las que sirvan para unir los distintos equipamientos a la carrocería del autobús.

Igual que en el caso anterior se considerará una aceleración de 70 m/s^2 .

La tensión a cortadura vendrá definida por la ecuación:

$$\sigma_c = \frac{F}{\sum n_r \cdot A_r}$$

Donde,

- n_r = número de tornillos
- A_r = área resistente del tornillo

En la figura 3.50 se muestra un ejemplo de unión atornillada.

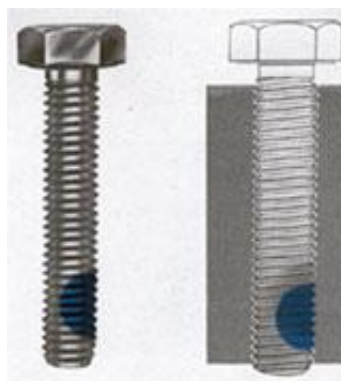


Figura 3. 50 Unión atornillada

En la tabla 3.17 se muestran los resultados de los tornillos calculados.

Concepto	Masa (kg)	Nº	D(cm)	Área resistente(cm ²)	Cortante (kg)	Tensión(kg/cm ²)	Calidad	Resistencia	n
Lavabo	57	4	0,5	0,196	399	508,02	6.8	6000	11,81
Generador	800	8	1,2	1,131	5600	618,93	8.8	8000	12,93
Mobiliario vacío	250	4	1,2	1,131	1750	386,83	6.8	6000	15,51
Butaca conductor	30	4	0,4	0,126	210	417,78	8.8	8000	19,15
Sillas	10	2	0,4	0,126	70	278,52	4.9	4000	14,36
Butacas autobús	20	4	0,4	0,126	140	278,52	8.8	8000	28,72
Camillas	120	8	0,5	0,196	840	534,76	8.8	6000	11,22
Mesas	7	2	0,4	0,126	49	194,96	4.9	4000	20,52
Mesa despacho	12	2	0,4	0,126	84	334,22	6.8	6000	17,95
Silla despacho	15	2	0,4	0,126	105	417,78	6.8	6000	14,36
Depósitos	150	6	0,7	0,385	1050	454,73	8.8	6000	13,19

Tabla 3. 17 Tornillos utilizados

Al analizarse los coeficientes de seguridad, se observa que se cumplen condiciones de seguridad suficientes.

4 Proceso de Montaje

4.1 Introducción al montaje

Hallándose el diseño de la reforma concretado y verificado y justificado que cumple todas las características exigibles por la normativa correspondiente, ya mencionada en el capítulo 2, todo está disponible para la ejecución material del proyecto.

Para proseguir con el montaje definitivo del proyecto, se han de cumplir ciertos requisitos que aseguren tanto la seguridad y salud de los operarios como el óptimo manejo y cuidado de todos los elementos físicos del montaje. Con el fin de garantizar que dichos requisitos se respeten, a continuación se declarará una serie de condiciones reflejadas en la normativa (Ley 31/1995 de 8 de noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales, y la edición vigente del manual del carrozado de vehículos) que han de cumplirse en todo momento.

Una vez descrito el comportamiento para cumplir las exigencias de seguridad de los operarios y el cuidado de los componentes físicos del montaje, se describirá el proceso de montaje, especificando el orden correcto y tiempos necesarios de cada operación que ha de respetarse.

4.2 Pliego de condiciones

4.2.1 Prescripciones generales

Según la última edición del manual del carrocer publicad se establecen las siguientes prescripciones de carácter general. Todas las indicaciones que se desprenden del presente proyecto han de ser respetadas por la empresa seleccionada para efectuar la transformación proyectada.

Con el fin de cubrir las necesarias garantías de seguridad en la ejecución de la reforma, ésta será realizada por talleres autorizados e inscritos legalmente en el Registro Industrial correspondiente y con personal suficientemente cualificado para este tipo de trabajos.

Las modificaciones a realizar se llevarán a cabo respetando las prescripciones y dimensiones indicadas en el correspondiente Certificado de Aptitud emitido por el fabricante del vehículo.

Con objeto de evitar deformaciones plásticas y futuras roturas en órganos fundamentales del vehículo, no deberán transportarse cargas superiores a las establecidas en el presente proyecto.

Es responsabilidad del propietario del vehículo difundir las condiciones de uso en caso de que el vehículo esté destinado a su manejo por operarios distintos a la propiedad o en caso de venta del vehículo a terceras personas.

La dirección técnica no se responsabiliza en ningún caso sobre el vehículo, ni a propios ni a terceros, por el mal uso del mismo o no cumplimiento de lo establecido en el presente pliego de condiciones.

El técnico que suscribe queda a disposición de la empresa que lleva a cabo la reforma, para clarificar cualquier dato relativo al presente proyecto.

4.2.2 Almacenamiento del vehículo

Siempre que sea necesario un periodo de almacenamiento del vehículo, es aconsejable tomar las precauciones siguientes:

Almacenamiento del vehículo bajo techado, siempre que sea posible.

Efectuar las operaciones de mantenimiento y puesta en marcha del motor.

Mantener las baterías en buen estado de carga, desconectándolas del circuito en los periodos entre puestas en marcha de motor y vehículo.

Restablecer periódicamente la presión correcta en los neumáticos.

Proteger los elementos de cabina y guarnecidos contra los deterioros.

Mantener ligeramente abierta una ventana de la cabina, para evitar la condensación y formación de moho en periodos de frío y la concentración de calor en periodos más cálidos.

4.2.3 Instalación eléctrica

En cuanto a la instalación eléctrica, se describen a continuación las condiciones que han de cumplirse para la correcta ejecución:

- Aislamiento de la instalación

Las bridas de fijación de los mazos serán de material aislante. El diámetro de la brida será el adecuado a los mazos para garantizar una buena sujeción de la instalación.

Todas las instalaciones que se añadan o modifiquen irán debidamente enfundadas en tubo de plástico no inflamable o autoextinguible. Estas protecciones se llevarán, a ser posible, hasta el punto de conexión.

El consumo de todos los instrumentos, incluidos luces que puedan funcionar simultáneamente, no deberá exceder la capacidad del alternador.

El alternador debe funcionar solamente cuando está totalmente conectado cuando los conductores del regulador y de las baterías estén desconectados.

- Precauciones durante el carrozado

En los lugares en los que se realicen soldaduras próximas a la instalación, ésta deberá ser protegida para no resultar afectada por el calor y por las salpicaduras de soldadura.

Cuando la instalación deba atravesar planchas de la carrocería o el bastidor, los cables deberán protegerse con perfiles o pasamuros.

- Toma de masas

Se tomará especial interés en que las tomas de masa sean bien sólidas, con tornillos roscados a masa, o bien con tuercas soldadas a ésta. Los tornillos de apriete de terminales a masa irán provistos de arandelas planas y muelle. Una vez apretadas, serán recubiertas con pintura para evitar oxidaciones.

La zona de contacto del terminal con la masa deberá estar exenta de pintura, óxido o grasa.

4.2.4 Perforaciones en el bastidor

Para la aplicación de grupos u órganos auxiliares al bastidor, normalmente se procurará usar los orificios ya existentes y realizados en la fábrica. Se prohíbe rotundamente perforar las alas de los largueros del vehículo, excepto las que sirven para fijar el travesaño posterior.

En los casos donde sea necesario realizar nuevos orificios, éstos se realizarán en la costilla vertical del larguero, y se eliminarán las rebabas y se rectificarán cuidadosamente.

No se efectuarán orificios en las zonas que estén sometidas a muchos esfuerzos y de variación de la sección del larguero.

El diámetro de los orificios será adecuado al espesor de la chapa; en ningún caso podrá superar los 15 mm. Además, la distancia que va desde el eje de los orificios a los bordes del larguero no deberá ser inferior a 40 mm; en cualquier caso los ejes de los orificios no se deberán encontrar entre sí, o respecto a los ya existentes, a una distancia inferior a 50 mm.

4.2.5 Soldaduras en el bastidor

Para la realización de soldaduras se precisará de personal especializado y preparado, utilizando las herramientas adecuadas.

Por tratarse de un vehículo con sistema de frenos antibloqueo (ABS), se han de desconectar los fusibles de protección correspondientes.

Durante la operación de soldadura, con el fin de proteger los órganos eléctricos, como alternador o baterías, se debe conectar la masa del soldador directamente a la pieza que se ha de soldar, teniendo cuidado de desconectar el borde negativo de la batería.

Previo a la operación, se desoxidarán perfectamente las partes del bastidor que tengan que soldarse y las que tengan que cubrirse con refuerzos. Al final de la operación, se protegerán eficazmente con antioxidante.

Las tuberías de material plástico se tendrán que proteger o desmontar.

Se indican a continuación algunos consejos operativos para ejecutar perfectamente la operación de soldadura:

- Cortar los largueros con un corte inclinado o vertical. No se deberán efectuar cortes en las zonas en que varía el perfil o en puntos donde exista una fuerte concentración de vibraciones. La línea de separación no afectará a los orificios existentes en el larguero.
- En las partes que se deban unir, efectuar un chaflán en V de 60° en el lado interior del larguero, en toda la longitud de la zona que se ha de soldar.
- Calentar la zona que rodea el punto que se debe soldar; efectuar la soldadura por arco en varias fases utilizando electrodos básicos secados cuidadosamente. Evitar sobrecargas de corriente.
- Dejar enfriar lenta y uniformemente los largueros. No se admite el enfriamiento con chorro de aire, agua u otros métodos.

- Eliminar la parte de material sobrante mediante desbarbado, no debiendo mostrar la soldadura ni cortes, ni rayas marginales, ni rebabas.
- Aplicar por dentro refuerzos angulares de acero con las mismas características del que se emplea en el bastidor. Su fijación afectará solamente a la costilla vertical del larguero y se podrán usar cordones de soldadura, falsos puntos, tornillos o clavos.

4.2.6 Elementos de fijación

Se utilizarán con preferencia los elementos originales de fijación existentes en el bastidor del vehículo. Al fijar la estructura al bastidor no se efectuarán soldaduras en el bastidor del vehículo ni orificios en las alas del mismo.

Los elementos de fijación podrán ser elásticos (escuadras o bridas) o rígidos, resistentes a los esfuerzos de corte (placas de sujeción longitudinales y transversales). El número, dimensiones y realización de los elementos de fijación, repartidos adecuadamente a lo largo del falso bastidor, garantizará una buena fijación entre el bastidor del vehículo y el falso bastidor.

El material de los tornillos y de las bridas será de clase de resistencia no inferior a 8.8; las tuercas deberán estar dotadas de sistemas anti-desenrosque.

Los elementos elásticos de fijación permiten movimientos limitados entre el bastidor y el falso bastidor e inducen a pensar en montar, para los largueros del bastidor y para los de la estructura suplementaria, dos secciones resistentes que trabajen paralelamente; cada una se asume una cota de momento de flexión proporcional a su momento de inercia.

En los elementos de fijación rígidos se podrá considerar una sección única resistente para los dos perfiles, con la condición de que el número y la distribución de los elementos de fijación soporten los esfuerzos de corte consiguientes.

■ Fijación con escuadras

Para que la fijación sea elástica, es preciso que durante el montaje, la distancia entre las escuadras del bastidor y del falso bastidor sea de ½ mm antes de apretar los tornillos de fijación; las distancias más grandes se reducirán mediante espesores oportunos.

Las escuadras se aplicarán a la costilla de los largueros del vehículo mediante tornillos o clavos. A fin de guiar y sujetar mejor las cargas en sentido transversal, se aconseja que la escuadra sobresalga ligeramente del borde del bastidor.

En caso de que el bastidor del vehículo ya lleve escuadras para fijar la carrocería, dichas escuadras se utilizarán para fijar la superestructura.

Las características del elemento elástico tendrán que ser adecuadas a la rigidez de la superestructura, a la distancia entre ejes y al uso del vehículo.

- **Fijación con placas de sujeción longitudinal y transversal**

Este tipo de fijación realizada con una placa soldada al falso bastidor y fijada con tornillos o clavos al bastidor del vehículo garantiza una buena capacidad de reacción al empuje longitudinal y transversal contribuyendo a una mayor rigidez del conjunto.

Para utilizarlos hay que tener en cuenta que la fijación de la costilla vertical de los largueros del bastidor principal se efectúe tras cerciorarse de que el bastidor se adhiera perfectamente en su superficie inferior al bastidor del vehículo.

Su uso debe limitarse a la zona central y posterior del bastidor. El espesor tendrá que ser adecuado al del bastidor del vehículo, mínimo 8 mm para vehículos pesados.

4.3 Estudio básico de seguridad y salud

4.3.1 Objetivo del estudio de seguridad

El presente estudio de seguridad y salud viene regulado por el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Este estudio establece, durante la ejecución de la obra, las previsiones respecto a la prevención de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento de las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

4.3.2 Riesgos profesionales

Se nombran a continuación los posibles riesgos dentro de cada ámbito, predisponiendo a los operarios a la correcta manipulación para prevenirlos.

- Riesgos en Naves-Taller: atropellos por vehículos; polvo; ruido; humos; salpicaduras.
- Riesgos en estructuras: golpes contra objetos; caídas al mismo nivel; caída de objetos; heridas punzantes en pies y manos; erosiones y contusiones en manipulación; heridas por máquinas cortadoras.

- Riesgos de electrocución: contactos eléctricos directos e indirectos como consecuencia de trabajos con tensión; mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección; uso de equipos inadecuados y deteriorados; mal comportamiento o incorrecta instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos en general y de la toma de tierra en particular.
- Riesgos de incendios: soldadura oxiacetilénica y oxicorte; soldadura eléctrica; cortocircuitos.

4.3.3 Prevención de riesgos

Para evitar los riesgos expuestos en el apartado anterior, se aconsejan las siguientes protecciones:

- Protecciones Individuales:

Guantes de uso general para manejo de materiales agresivos mecánicamente, cargas y descargas, manipulación de piezas, tubos, etc.

Guantes de soldador.

Botas de seguridad para los trabajos de carga y descarga, manejo de piezas y trabajos de apoyo.

Mono de trabajo.

Gafas oxicorte.

Protectores auditivos.

Gafas contra impactos para trabajos donde puedan proyectarse partículas: uso de radial, taladros, martillos, etc.

Mascarilla antipolvo, para trabajos de pintura.

Pantalla de soldador.

- Protecciones Colectivas:

Extintores para almacenes, zonas con combustibles, etc. Extractores en zonas donde se generen humos.

Interruptores diferenciales en cuadros y máquinas eléctricas.

Válvulas anti-retroceso para equipos de soldadura oxiacetilénica.

Botiquín de primero auxilios conteniendo el material y productos especificados en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Información sobre el Centro Médico a acudir en el supuesto de necesidad de traslado de un accidentado.

4.3.4 Normas de Seguridad para el basculamiento y transporte de mercancías

El basculamiento no se deberá realizar con cargas superiores a la establecida ni siempre a vehículo parado. Se deberá realizar sobre terreno firme y prácticamente horizontal.

Se deberá estar pendiente del basculamiento hasta que la mercancía esté totalmente descargada, refiriéndonos con mercancía al mobiliario y cubiertas que conformarán al vehículo.

Se debe intentar que el centro de gravedad de la mercancía se encuentre sobre el centro de gravedad del bastidor y carrozado.

4.3.5 Normas de Seguridad para el empleo de grúas autocarga

Para poder maniobrar la grúa será necesario conocer las funciones de la misma y las normas de seguridad.

Cuando se emplee la grúa, está prohibido a personas ajenas encontrarse en la zona de trabajo de la misma.

Usar siempre los gatos estabilizadores extendidos, cuando se trabaje con grúa, y controlar que estén apoyados sobre terreno firme. Nunca se maniobrarán los gatos cuando la grúa esté cargada.

Cuando se emplee la grúa, se colocará siempre el freno de mano del vehículo y se acunarán sus ruedas.

Está prohibido el cargar y descargar debajo o en las cercanías de los tendidos eléctricos.

No sobrecargar nunca la grúa, seguir las instrucciones de las placas de carga. No girar la carga antes de levantarla. No estar nunca debajo de la carga ni mover el vehículo con carga colgante.

Plegar siempre la grúa. Si la grúa se ha de plegar sobre la plataforma del vehículo o sobre la carga, se fijará el brazo de la grúa de tal manera que se imposibiliten los movimientos laterales.

Si la grúa está instalada sobre el soporte trasero del vehículo, debe tomarse la mayor precaución posible cuando la grúa se acopla o desacopla al vehículo. Al acoplar o desacoplar la grúa no se encontrará, ninguna persona permanecerá en los asientos o cercanías de la misma.

Una vez terminado el trabajo con la grúa, se desconectará la toma de fuerza.

4.4 Proceso Montaje

El proceso de carrozado de un vehículo de estas características, pese a la existencia de una normativa existente, se caracteriza por ser un trabajo colindante con la artesanía y muy dependiente de la maestría del diseñador del proceso de montaje.

Con el fin de obtener un proceso depurado, se han seguido las pautas instruidas por el departamento de Ingeniería y Desarrollo de la empresa de carrozado TECNOVE, concretamente transmitidas por el ingeniero Israel Abengoza Pérez De Bustos.

A continuación se describen los pasos para la consecución del presente proyecto.

4.4.1 Traslado del vehículo a la empresa carrocera

En primer lugar se contrata una empresa dedicada al transporte de vehículos, que trasladará el chasis referido desde las instalaciones del proveedor del vehículo inicial hasta las instalaciones de la empresa carrocera seleccionada para el desarrollo del proyecto, con el fin de comenzar la preparación y adecuación de éste y de la superestructura.

4.4.2 Modificación de la distancia entre ejes

Una vez en las instalaciones de se procede a la modificación de la distancia entre ejes, añadiéndose una longitud de 3560 mm. El procedimiento que se sigue se muestra a continuación.

Se coloca el vehículo de manera que el chasis permanezca en un plano completamente horizontal, usando los utillajes adecuados. Se desacoplan los tubos del sistema de frenado, los cables eléctricos y todos los aparatos que puedan impedir una ejecución correcta del trabajo. Se selecciona la sección de corte, a 1,5 m de cada eje, siguiéndose así las indicaciones del fabricante. Se debe también localizar los puntos de referencia, cerciorándose de que su conjunción sea perfectamente ortogonal al eje longitudinal del vehículo.

Se procede posteriormente al corte del bastidor realizándose éste con una inclinación de entre 35° y 45°.

A continuación se acopla a los largueros la longitud correspondiente. Para ello se ha encargará a un distribuidor de acero el diseño y fabricación del conjunto que conformará la extensión del bastidor. Dicho conjunto estará constituido por dos largueros de 3560 mm de longitud y por dos travesaños soldados iguales que los pertenecientes al vehículo. El perfil que se usará será igual que el original del bastidor

(rectangular de 40x60x3 mm) y el acero con el que serán fabricados tendrá las mismas características que el material original del bastidor.

La unión de los perfiles se realiza mediante soldaduras al arco en varias pasadas, utilizando electrodos básicos cuidadosamente secados. Se utilizan procedimientos MIG-MAG, empleando alambre de aportación que tenga las mismas características del material que debe ser soldado. Se deja enfriar los largueros lenta y uniformemente, evitando el enfriamiento forzado. Se elimina la parte de material excedente mediante desbarbado y se realiza un procedimiento de Impacto de Electrodo para el endurecimiento del área cercana a la soldadura.

Finalmente se restituyen todos los sistemas que hayan podido desconectarse durante el proceso de modificación de distancia entre ejes.

4.4.3 Construcción de la superestructura

Una vez se ha producido el aumento de la distancia entre ejes, en las mismas instalaciones de la carrocería, se fabrica la superestructura del vehículo atendiendo a las futuras dimensiones del mismo, siguiendo los planos de diseño facilitados por nuestra empresa.

El perfil utilizado para la construcción de la superestructura será rectangular de 40x70x3 mm. Los perfiles se unen mediante soldadura, utilizando la misma técnica que en el caso del bastidor.

Primero se fabrican por separado cada uno de los dos laterales de la superestructura del autobús que se une posteriormente a la parte de la misma donde reposará la cubierta del vehículo. Finalmente se fabrica tanto el frontal como la parte trasera de la superestructura del vehículo que se une a los laterales y a la parte superior, elementos de los que ya se dispone.

Una vez se tiene unida la parte externa de la superestructura, se instala la parte interna de la misma, que estará compuesta por los largueros y travesaños situados a 1m de altura donde posteriormente apoyará el suelo de la Unidad Móvil.

Tras estos procesos se llevan a cabo actuaciones para la mejora del rendimiento de la superestructura, utilizando como método para el alivio de tensiones debidas a soldadura, percusiones en las zonas debilitadas.

Finalmente, se generarán ciertos orificios para el posterior atornillado de posibles subestructuras. Para dicha generación se consultará al proyectista.

4.4.4 Revestimiento exterior

Permaneciendo el vehículo en las instalaciones (lo que a partir de ahora se supondrá hasta que se diga lo contrario), dichos carroceros pasarán a ejecutar el revestimiento exterior de la Unidad Móvil. Debido a la experiencia de dicha empresa en la fabricación de carrocerías de autocares y autobuses, se deja libertad de actuación a la misma a la hora de elegir los materiales de ejecución y los métodos de unión de los paneles laminados a la superestructura del autobús.

Posteriormente se realizará un tratamiento externo, consistente en la Fosfatización y en el Electrocoating Catódico. Antes de llevarse a cabo dichos procesos se ejecutará un pretratamiento de la superficie, mediante un desbastado, limpieza con aceites a presión, y 2 baños en agua a distintas temperaturas. Una vez limpia, comenzará dicho tratamiento externo. Este proceso consigue un retardo de la corrosión de la estructura, así como una mejora de la resistencia al desgaste.

Una vez terminados los tratamientos externos se elabora el Post-tratamiento consistente en una limpieza con aire a presión, un enfriado en agua tibia y un secado.

4.4.5 Unión de la superestructura al bastidor

Tras los diversos tratamientos externos para prevenir la corrosión, se deberá unir la superestructura al bastidor. Cuando se lleve a cabo este proceso, normalmente se procurará usar los orificios ya existentes y realizados en fábrica.

Está terminantemente prohibido taladrar las alas de los largueros del vehículo y, en los casos en los que sea necesario realizar nuevos orificios éstos se harán en el alma del larguero, eliminándose las rebabas y rectificándose de forma muy cuidadosa.

El tipo de elementos de fijación que se usarán será placas de contención longitudinal y transversal, usándose láminas de acero soldadas a la superestructura y fijadas, con tornillos al chasis del vehículo.

Para utilizar este tipo de uniones habrá que realizar la comprobación de que la superestructura se adhiere perfectamente a la superficie del chasis del vehículo. El número de chapas, su espesor y el número y tipo de tornillos adecuados para transmitir los momentos de flexión y los esfuerzos cortantes se encuentran calculados en el apartado “Cálculo de uniones atornilladas” del presente proyecto.

4.4.6 Acondicionamiento interior inicial

Una vez que la superestructura se encuentra unida al chasis del vehículo se pasa a colocar el aislamiento térmico y acústico interior, usándose para ello espumas

aislantes poliuretánicas en todas las superficies interiores del vehículo, haciendo especial hincapié en el habitáculo donde se situará el grupo electrógeno.

Se procederá también a la instalación, mediante atornillado, de planchas de acero de 10mm de espesor sobre los largueros y travesaños que se habían dispuesto para lo que iba a constituir el suelo de la Unidad Móvil de Hemodonación.

4.4.7 Pintado exterior

El proceso de pintado deberá realizarse de manera muy cuidadosa, habiéndose hecho la comprobación de que todas las capas protectoras se encuentran secas y perfectamente adheridas a la superficie de la carrocería.

Para el pintado de la carrocería se deberá llevar a cabo un proceso de imprimación y esmalte. Se tomarán las debidas precauciones para proteger las piezas que se puedan ver afectadas por la pintura en lo que se refiere a su conservación y mantenimiento. Las ruedas se desmontarán durante este proceso y se deberá proteger las superficies de acoplamiento a los tambores y a los bujes: se tienen que evitar los incrementos de espesor y, sobre todo, la acumulación de pintura en las bridas de acoplamiento de los discos de las ruedas.

La operación de pintado se completará con el secado en horna a 80°C, debiéndose ser desmontadas todas las piezas que puedan verse afectadas por el calor.

4.4.8 Acondicionamiento exterior

Tras el pintado se procede a la colocación de la estructura soporte de los espejos retrovisores y de los distintos elementos de señalización e iluminación para la circulación.

4.4.9 Revestimiento interior final

Se comienza instalando una serie de subestructuras atornilladas a la superestructura en los puntos que fueron determinados durante el carrozado con el objetivo de separar las distintas dependencias de las que dispondrá la Unidad Móvil de Hemodonación (sala de donación, sala de espera, sala de recuperación y despacho del médico).

Una vez se ha realizado esta labor se pasa a cubrir de paneles de madera amachambrada, los techos y paredes de la Unidad. En paredes laterales y techos se instalará un solo panel, dejándose sin unir las zonas esquinadas para poder realizar el posterior cableado.

Las paredes que habrán quedado definidas por las subestructuras instaladas (descritas en el primer párrafo de este apartado) se cubrirán con doble panel de madera amachambrada, dejando un hueco entre las dos tablas instaladas, también con el objetivo de la instalación del cableado.

A través de los canales que han quedado descritos durante el revestimiento de paredes y techo se pasan todos los cables de la instalación eléctrica que irán desde la zona donde se posicionará el generador y la toma de corriente al cuadro de diferenciales y, de ese punto, a todos los elementos que requieran corriente y que se esquematizan en el plano de la instalación eléctrica desarrollado por el proyectista.

Se instalarán los depósitos de agua (limpia y sucia) en los departamentos destinados a este uso, a la vez que el grupo electrógeno en el suyo, especialmente diseñado para aislar el ruido y las altas temperaturas que este genera. Entre ambos depósitos de agua se fijará la bomba encargada de la dispensa de agua.

Junto al grupo electrógeno se instalarán utensilios varios relacionados con este, tales como un carrete de cable para su uso de 30m, y una toma de conexión a tierra. A su vez se colocarán los conductos de abastecimiento del mismo.

Una vez finalizada la instalación eléctrica se prosigue ocultando los canales que conducen los cables mediante unos cobertores metálicos en forma de sección cilíndrica pintados con los mismos tonos que los paneles de madera, cuya representación aparece en la figura 1.7. La rematería se unirá a los paneles mediante remaches.

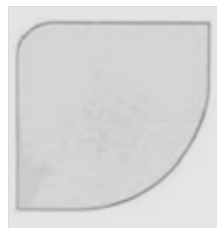


Figura 1.7 Rematería de esquinas

Posteriormente se procede a la instalación de los diversos interruptores y sistemas de iluminación que se detallan en el plano de la distribución eléctrica.

Finalmente se instalan, atornillándose sobre las láminas de acero de 10 mm que se dispusieron durante el carrozado, una serie de paneles de conglomerado de madera que darán lugar al suelo del autobús y que deberán de estar cubiertos de una lámina de material antideslizante y antibacteriano.

4.4.10 Climatización

Utilizando una grúa, se introducirán los tres aparatos de aire acondicionado en los orificios creados para este uso y se atornillarán. Posteriormente se conectarán a la red eléctrica y se les colocarán los embellecedores en el interior.

4.4.11 Instalación del equipamiento interior

Utilizando tornillería de bricolaje estándar, se fijarán camillas de donación, sillas y taburetes en los lugares habilitados para ello, así mismo, se fijarán al suelo las guías en las que se insertará la butaca del conductor con su suspensión neumática.

En el frontal del vehículo se fijarán los cuadros de mando así como el salpicadero (incluyendo todos los sistemas de audio y video). Junto a las dos escaleras se atornillaran las barandillas de ayuda.

Se fijarán al revestimiento interior todas las mesas, y sobre la pared del primer habitáculo, un perchero. A continuación se montarán los muebles superiores del área de extracción, siguiendo los pasos del fabricante. A su vez, se revestirán las camillas con las estructuras inferiores de almacenaje.

En los lugares dispuestos para ello, se dispondrán el fregadero y el frigorífico, dejándolos fijos y dispuestos para su uso.

Para finalizar se instalarán las cortinas sobre las ventanas y dos stocks parasol auto-enrollables en la luna delantera.

4.4.12 Cristalería

Finalizando el apartado anterior, los especialistas en lunas y cristalería procederán a la instalación de los diversos cristales (ventanillas y lunas), todos ellos tintados, de los que dispondrá la Unidad Móvil.

4.4.13 Homologación

Una vez terminado el vehículo, se transportará este, recurriendo a una empresa especializada en el transporte de vehículos, hacia un laboratorio autorizado donde se someterá al vehículo una serie de pruebas no destructivas. Finalizadas estas, se trasladará el vehículo a un laboratorio de ITV para obtener un informe favorable sobre el autobús.

El proceso de homologación a desarrollar con la finalidad de obtener dicha homologación y los permisos de circulación será descrito en el siguiente capítulo.

5 Homologación

A continuación se redactan los ensayos y especificaciones técnicas que, según la Directiva 2001/85 CE, por la que se modifican las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE, deben realizarse sobre nuestro vehículo para su homologación.

Se aplica dicha directiva por tratarse de un vehículo provisto de asientos destinados a ser utilizados exclusivamente cuando el vehículo está parado, y cuya capacidad máxima cuando se encuentra en movimiento es de 8 personas (sin incluir al conductor). Los asientos previstos para utilizar con el vehículo en movimiento deberán estar claramente señalizados para los usuarios.

Todas las mediciones se realizarán cuando el vehículo tenga su masa en orden de marcha y se encuentre sobre un suelo horizontal y liso y en las condiciones normales de viaje. Cuando se disponga de un sistema de inclinación, éste estará situado de modo que el vehículo se encuentre a la altura normal de viaje.

5.1 Marcado de vehículos

En el vehículo se marcará, en un lugar claramente visible desde el interior y cercano a la puerta delantera, con caracteres de imprenta o pictogramas de una altura no inferior a los 15 mm y con números de una altura no inferior a 25 mm, el número máximo autorizado de plazas de asiento.

5.2 Verificación del límite de basculamiento estático

Deberá verificarse si el vehículo reúne los requisitos que se enuncian a continuación mediante un método de cálculo homologado por el servicio técnico responsable de la realización de las pruebas. Este servicio técnico podrá exigir realizar estas pruebas en determinadas partes del vehículo. La validez del método de cálculo se establecerá a la entera satisfacción del servicio técnico. Se realiza un ensayo comparativo con un vehículo similar ya ensayado.

Requisitos

- La estabilidad del vehículo será tal que no se sobrepase el punto de vuelco si la superficie en la que se encuentra el vehículo es sometida a un movimiento basculante alternativo hacia ambos lados con un ángulo de 28° de la horizontal.

- A los efectos de la prueba señalada, el vehículo estará con su masa en orden de marcha, añadiéndole los elementos relacionados a continuación:
 - En cada asiento de viajeros se emplazarán cargas iguales a Q (75 kg según la Directiva 97/27/CE). Cuando el vehículo esté diseñado para viajeros de pie o tripulación no sentada, el centro de gravedad de las cargas Q estará uniformemente distribuidas por la superficie destinada a alojar a dichos viajeros o tripulación de pie.
 - La altura de cualquier escalón empleado para evitar que una rueda del vehículo se desprenda lateralmente en un banco de pruebas de basculamiento no sobrepasará los 2/3 de la distancia entre la superficie en que esté estacionado el vehículo antes de someterlo a basculamiento y la parte de la llanta de la rueda que se encuentre más próxima a la superficie cuando el vehículo esté cargado.
 - Durante la prueba no deberán entrar en contacto partes del vehículo que, durante el uso normal, no deban hacerlo, y se evitará todo daño o retirada de cualquier parte.

5.3 Resistencia de la superestructura

Se denomina superestructura a las partes de la estructura del vehículo que contribuyen a la resistencia del mismo en el supuesto de siniestro con vuelco.

5.3.1 Especificaciones y requisitos generales

La superestructura obtiene la homologación de conformidad con el Reglamento CEPE/ONU no 66 de la Comisión Económica para Europa, cumpliéndose las especificaciones y requisitos generales que figuran a continuación.

La superestructura del vehículo tendrá la resistencia suficiente para asegurar que, mientras se somete la estructura a uno de los métodos de ensayo o cálculo previstos:

- Ninguna parte desplazada del vehículo invada el espacio de supervivencia definido en el apartado de Espacio de Supervivencia.
- Ninguna parte del espacio de supervivencia sobresalga de la estructura deformada.

Estos requisitos se aplicarán a todo el vehículo, lo que incluye todos los elementos, montantes y paneles estructurales y todas las partes rígidas salientes, como los portaequipajes, aparatos de ventilación, etc., con la exclusión de las paredes, separaciones, arcos u otros elementos de refuerzo de la superestructura del vehículo, así como las instalaciones fijas tales como bares, cocinas o servicios.

5.3.2 Métodos de ensayo

Cada tipo de vehículo será ensayado de acuerdo con uno de los métodos siguientes, a elección del fabricante, o de acuerdo con otro método alternativo aprobado por la autoridad competente:

1. Un ensayo de vuelco en un vehículo completo.
2. Un ensayo de vuelco en una sección o secciones de la carrocería representativa de un vehículo completo.
3. Un ensayo de péndulo en una sección o secciones de la carrocería.
4. Una verificación de la resistencia de la superestructura por un cálculo

Si los métodos de ensayo previstos en los puntos 2,3 o 4 no permiten tener en cuenta diferencias importantes entre dos secciones del vehículo (por ejemplo, la instalación de aire acondicionado sobre el techo), se presentarán al servicio técnico métodos de ensayo o cálculos adicionales. Si no se entrega esta información adicional, podrá exigirse que el vehículo sea sometido al método de ensayo previsto en el punto 1.

5.3.2.1 Ensayo de vuelco del vehículo completo

Condiciones de ensayo

El vehículo, aunque no es necesario que esté totalmente terminado, será representativo de la producción de vehículos en cuanto a su masa en vacío en orden de marcha, centro de gravedad y distribución de masas tal y como lo declara el fabricante.

Si los asientos del conductor y de los viajeros son regulables se pondrán con el respaldo en posición vertical. Si los asientos se pueden regular en altura, estarán en la posición más alta.

Todas las puertas y ventanas del vehículo practicables deberán estar cerradas normalmente, pero no bloqueadas. Las ventanas y los mamparos o pantallas que normalmente están acristalados, pueden o no estar provistos de sus lunas a voluntad del solicitante. Si están desprovistos de sus lunas, deberá instalarse en el vehículo un peso equivalente en los lugares adecuados.

Los neumáticos se deberán hinchar a la presión prescrita por el fabricante del vehículo, y si el vehículo tiene un sistema de suspensión neumática, se asegurará la alimentación de aire. Todo sistema de nivelado automático se deberá ajustar al nivel especificado por el fabricante, con el vehículo sobre una superficie plana y horizontal. Los amortiguadores deberán estar en buen estado de funcionamiento.

El carburante, el ácido de batería y otros materiales combustibles, explosivos o corrosivos podrán sustituirse por otras materias similares.

El área de impacto será de cemento u otro material rígido.

Método de ensayo

Se muestra en la figura 5.1 la disposición del vehículo para llevar a cabo el ensayo.

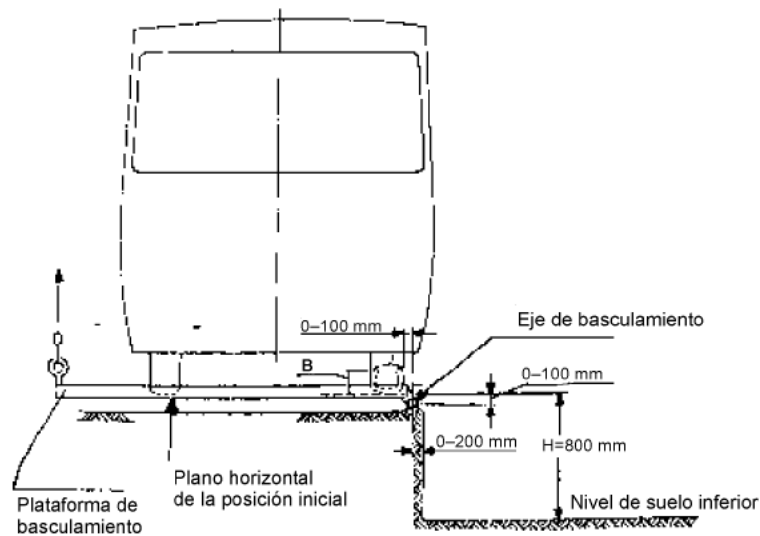


Figura 5. 1 disposición del vehículo en el ensayo de vuelco completo

El vehículo se situará en una plataforma a fin de ser volcado sobre un costado. Este costado será determinado por el fabricante.

La posición del vehículo en la plataforma será tal que cuando la plataforma esté en posición horizontal:

- El eje de rotación estará paralelo al eje longitudinal del vehículo.
- El eje de rotación estará entre 0 y 200 mm desde el escalón vertical entre los dos niveles.
- El eje de rotación estará entre 0 y 100 mm desde la cara exterior del neumático del eje más ancho.
- El eje de rotación estará entre 0 y 100 mm debajo del plano horizontal de la posición inicial en la cual están los neumáticos.
- La diferencia entre la altura del plano horizontal de la posición inicial y el plano horizontal situado debajo, sobre el cual se llevará a cabo el impacto, no será menor de 800 mm.

Se pondrán medios para que el vehículo no se mueva según su eje longitudinal.

Los aparatos de ensayo deben impedir, mediante unas paredes laterales, que los neumáticos se deslicen de lado en el sentido del vuelco. Los aparatos de ensayo asegurarán el levantamiento simultáneo de los ejes del vehículo.

El vehículo se levantará hasta su basculamiento sin balanceo ni efectos dinámicos. La velocidad angular no será superior a cinco grados por segundo (0,087 rad/s).

Se utilizará fotografía ultrarrápida, gálibos deformables u otros medios apropiados para determinar que se cumplen las condiciones previstas. Esto se verificará en al

menos dos lugares, en principio en la parte delantera y trasera del compartimiento de viajeros; los lugares exactos serán elegidos por el servicio técnico. Los gálibos se fijarán en partes de la estructura prácticamente indeformables.

5.3.2.2 Ensayo de vuelco en una sección de la carrocería

Condiciones de ensayo

La sección de la carrocería representará una sección del vehículo en vacío.

La geometría de la sección de la carrocería, el eje de rotación y la posición del centro de gravedad en sentido vertical y lateral serán representativos del vehículo completo.

El fabricante deberá especificar la masa de la sección expresada como un porcentaje de la masa en vacío en orden de marcha.

El fabricante deberá especificar la energía que debe absorber la sección, expresada como un porcentaje de la energía total que sería absorbida por un vehículo completo.

El porcentaje total de la energía descrita no será menor que el porcentaje de la masa en vacío en orden de marcha.

Método de ensayo

El método de ensayo será el mismo que el expuesto para el ensayo de vuelco del vehículo completo, excepto que se sustituirá el vehículo completo por la sección de la carrocería descrita anteriormente.

5.3.2.3 Ensayo de péndulo en una sección de la carrocería

Nivel de energía y dirección del impacto

La energía que se debe transmitir a una sección concreta de la carrocería será la suma de las energías declaradas por el fabricante que se deben asignar a cada uno de los arcos de la sección transversal en esa sección concreta de la carrocería.

Con el péndulo se aplicará a la sección de la carrocería la proporción apropiada de la energía, cuyo cálculo se describe a continuación, de manera que en el momento del impacto la dirección del movimiento del péndulo forme un ángulo de 25° (+ 0° ; - 5°) con el plano medio longitudinal vertical de la sección de la carrocería. El ángulo preciso dentro de este margen será especificado por el fabricante del vehículo.

* Cálculo de la Energía total E*

Hipótesis

1. La sección transversal del cuerpo es rectangular.
2. La suspensión está fijada de forma rígida.
3. El movimiento de la sección de la carrocería es una rotación perfecta alrededor del punto A (figura 5.2).

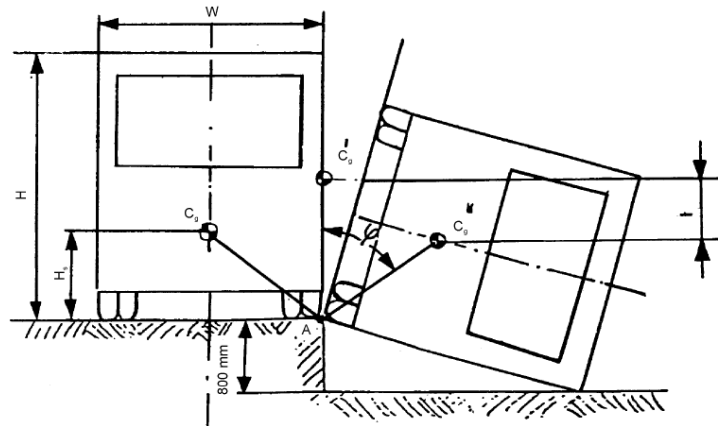


Figura 5. 2 Cálculo de la energía total E*

Si la caída del centro de gravedad (h) está determinada por métodos gráficos, se puede considerar que E* viene dado por la fórmula:

$$E^* = 0,75M \cdot g \cdot h \text{ (Nm)}$$

Alternativamente, E* puede calcularse con la fórmula:

$$E^* = 0,75M \cdot g \cdot \sqrt{\frac{W^2}{2} + H_s^2} \cdot \frac{W}{2H} \sqrt{H^2 - 0,8^2} + \frac{H_s}{H} \text{ (Nm)}$$

Donde:

M = masa del vehículo en vacío en orden de marcha (kg)

g = 9,8 m/s²

W = ancho total del vehículo (m)

Hs = altura del centro de gravedad del vehículo en vacío (m)

H = altura del vehículo (m)

Método de ensayo

Se deberá realizar el número suficiente de ensayos para que el servicio técnico encargado de los ensayos tenga la certeza de que se cumplen las condiciones especificadas.

A efectos del ensayo, la sección de la carrocería debe comprender secciones de la estructura normal instaladas entre los montantes y unidas al piso, a la base, a los

laterales y al techo del vehículo. También se incluirán, cuando existan, secciones de elementos tales como portaequipajes, conducciones de ventilación, etc.

Todas las puertas y ventanas practicables de la carrocería deben estar cerradas normalmente, pero no bloqueadas. Las ventanas y los mamparos o pantallas que normalmente están acristalados pueden o no estar provistos de sus lunas a voluntad del solicitante.

Si el constructor lo desea, se pueden instalar asientos en las posiciones normales, teniendo en cuenta la estructura de la sección de la carrocería. Se deben situar en su lugar los elementos normales de fijación y de unión entre los diversos elementos estructurales y accesorios. Si los respaldos son regulables estarán en su posición vertical y si la altura de los asientos es ajustable estarán en su posición más alta.

El lateral de la sección de la carrocería que debe ser golpeado será escogido por el constructor. Cuando el ensayo deba realizarse sobre varias secciones de la carrocería, todas deberán recibir el choque por el mismo lado.

Se utilizará fotografía ultrarrápida, gálibos deformables u otros medios adecuados para determinar que se cumplen las condiciones previstas. Los gálibos deformables deberán fijarse en una parte de la estructura prácticamente indeformable.

La sección de la carrocería que vaya a someterse a prueba deberá fijarse de manera segura y firme en el soporte, con ayuda de sus travesaños o de los elementos que los reemplacen, de forma que se evite que el soporte y sus fijaciones absorban una parte significativa de la energía durante el impacto.

El péndulo debe ser lanzado desde una altura tal que golpee la sección de la carrocería a una velocidad comprendida entre 3 y 8 m/s.

Descripción del péndulo

La superficie de impacto del péndulo deberá ser de acero o de madera contrachapada de 20 mm \pm 5 mm de espesor, y la masa del péndulo estará igualmente repartida. La superficie de impacto deberá ser rectangular y plana, con una anchura que no sea menor que la de la sección de la carrocería que está sometida a ensayo, y una altura como mínimo de 800 mm. Sus bordes se redondearán con un radio de curvatura de 15 mm como mínimo.

El cuerpo del péndulo estará rígidamente fijado a dos barras rígidas. Los ejes de las barras estarán como mínimo a 3500 mm del centro geométrico del cuerpo del péndulo.

Requisitos para la distribución de las partes principales de la superestructura que absorben energía

Se deberá realizar un número suficiente de ensayos para que el servicio técnico encargado de los ensayos tenga la certeza de que el vehículo completo cumple los requisitos especificados. Esto no requerirá necesariamente más de una prueba.

Se pueden utilizar cálculos basados en datos obtenidos de un ensayo de una sección de la carrocería para demostrar la aceptabilidad de otra sección de la carrocería no idéntica a la ya ensayada, si tiene en común muchas características estructurales con ésta.

El fabricante deberá indicar qué montantes de la superestructura se considera que contribuyen a su resistencia, precisando la cantidad de energía (E_i) que debería absorber cada montante. Estas indicaciones deberán cumplir los siguientes criterios:

$$1. \quad \sum_{i=1}^{i=m} E_i > E^*$$

Donde m es el número total de montantes indicados.

$$2. \quad a) \quad \sum_{i=1}^{i=n} E_{iF} \geq 0,4E^*$$

Donde n es el número total de montantes indicados sobre el centro de gravedad del vehículo.

$$b) \quad \sum_{i=1}^{i=p} E_{iR} \geq 0,4E$$

Donde p es el número de montantes indicados detrás del centro de gravedad del vehículo

$$3. \quad L_F \geq 0,4I_f$$

$$4. \quad L_R \geq 0,4I_r$$

$$5. \quad \frac{d_{A \max}}{d_{mUm}} \leq 2,5$$

Esto será aplicable únicamente donde d_{\max} es mayor que 0,8 x deflexión máxima permitida sin invadir el espacio de supervivencia

Donde:

E_i es la cantidad de energía declarada que puede ser absorbida por el montante i de la superestructura.

E_{iF} es la cantidad de energía declarada que puede ser absorbida por el montante i por delante del centro de gravedad del vehículo.

E_{iR} es la cantidad de energía declarada que puede ser absorbida por el montante i por detrás del centro de gravedad del vehículo.

E^* es la energía total que debe absorber la estructura completa del vehículo.

$d_{máx}$ es la mayor deformación medida en el sentido del impacto de una sección de la estructura de la carrocería después de la absorción de la energía de impacto indicada para esa sección.

$d_{mín}$ es la menor deformación medida en el sentido del impacto y en el mismo punto que para $d_{máx}$, de una sección de la estructura de la carrocería después de la absorción de la energía de impacto indicada para esa sección.

$$L_F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (E_{iF} l_{iF})}{\sum_{i=1}^{i=n} E_{iF}} = \text{Distancia media ponderada de los montantes indicados delante del centro de gravedad del vehículo}$$

$$L_R = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} (E_{iR} l_{iR})}{\sum_{i=1}^{i=p} E_{iR}} = \text{Distancia media ponderada de los montantes indicados detrás del centro de gravedad del vehículo}$$

Siendo (cotas que se muestran en la figura 5.3):

l_{iF} la distancia entre el centro de gravedad del vehículo y el i -ésimo montante, por delante de este centro de gravedad.

l_{iR} la distancia entre el centro de gravedad del vehículo y el i -ésimo montante, por detrás de este centro de gravedad.

l_f la distancia entre la delantera del vehículo y su centro de gravedad.

l_r la distancia entre la trasera del vehículo y su centro de gravedad.

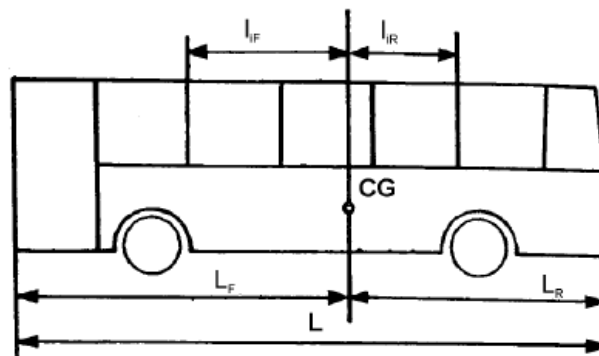


Figura 5. 3 Distribución de las partes de la superestructura

5.3.2.4 Verificación de la resistencia mecánica de la superestructura por medio de cálculo

Se puede demostrar que la superestructura o una sección de la misma cumplen el requisito especificado por medio de un método de cálculo aprobado por el servicio técnico encargado de realizar los ensayos.

Si la estructura es susceptible de ser deformada más allá del límite elástico de los materiales utilizados, los cálculos deben simular el comportamiento de la estructura cuando sufre importantes deformaciones plásticas.

El servicio técnico responsable de realizar los ensayos puede exigir que se efectúen ensayos en juntas o partes de la estructura para verificar las hipótesis aplicadas en el cálculo.

Preparativos de los cálculos

Los cálculos no podrán empezar hasta que se haya analizado la estructura y se haya construido un modelo matemático de ella. En esta operación se definirán los diversos largueros que deben ser considerados y se distinguirán los puntos donde pueden surgir articulaciones plásticas. Deberán indicarse las dimensiones de los largueros y las propiedades de los materiales utilizados. Deberán efectuarse ensayos en los puntos de articulación para determinar las características de la fuerza (momento de rotación)/deformación en el modo plástico, ya que son datos indispensables para los cálculos. Deberá determinarse la velocidad de deformación y el límite dinámico de elasticidad correspondiente a esta velocidad. Si los métodos de cálculo no indican cuándo se producirá una rotura importante, será primordial determinarlo, mediante un experimento, un análisis separado o los ensayos dinámicos apropiados. Se debe indicar la repartición admitida en los cálculos de las cargas sobre la longitud del vehículo.

El método de cálculo incluirá las deformaciones hasta los límites elásticos de los materiales, seguidos de la distinción de los puntos donde se formarán articulaciones plásticas primarias y secundarias, salvo que se conozca por experiencia la posición y secuencia de formación de articulaciones plásticas. El método tendrá en cuenta los cambios de geometría de la estructura que tienen lugar, al menos hasta el estado en que las deformaciones sobrepasen los límites aceptables. Los cálculos simularán la energía y dirección del impacto que se producirían si esa superestructura concreta fuera sometida al ensayo de vuelco del vehículo completo. La fiabilidad del método de cálculo deberá haber sido demostrada por comparación con los resultados de ensayos físicos, que no necesariamente deben realizarse sobre el vehículo sometido a la homologación.

Ensayos sobre secciones de la superestructura

Cuando se utiliza un método de cálculo para una sección solamente de una superestructura completa, se aplicarán las mismas condiciones que para el vehículo completo.

5.3.3 Espacio de supervivencia

Se entenderá por espacio de supervivencia el volumen que se obtiene en el compartimento de viajeros, desplazando en línea recta el plano vertical transversal indicado en la figura 5.4 de manera que se pase el punto R desde el punto R del último asiento exterior a través del punto R de cada asiento exterior intermedio hasta el punto R del primer asiento exterior de viajero.

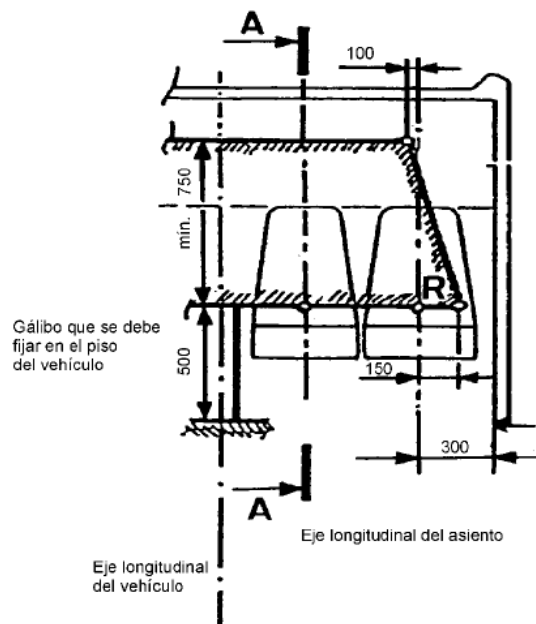


Figura 5. 4 Espacio de supervivencia (sección lateral)

Se presumirá que el punto R indicado en la figura 5.5 está a 500 mm por encima del suelo debajo de los pies de los viajeros, a 300 mm de la cara interna del lateral del vehículo y a 100 mm por delante del respaldo del asiento, en el eje longitudinal de los asientos exteriores.

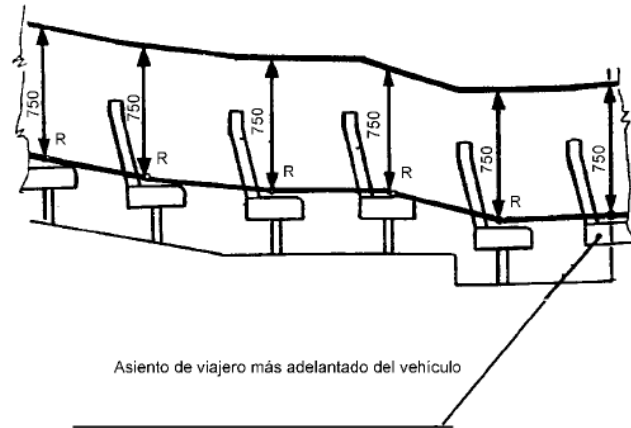


Figura 5. 5 Espacio de supervivencia (sección longitudinal A-A)

5.3.4 Interpretación de los resultados de los ensayos

El servicio técnico responsable de efectuar los ensayos se asegurará de que el vehículo cumple las condiciones especificadas y los requisitos para la distribución de las partes principales que absorben energía de la superestructura de un vehículo.

5.4 Prevención del riesgo de incendio

5.4.1 Compartimento del motor

En el compartimento del motor no se utilizará ningún material de insonorización inflamable o susceptible de impregnarse de combustible o lubricante, salvo que dicho material esté recubierto de un revestimiento impermeable.

Se adoptarán las debidas precauciones para evitar en la medida de lo posible que pueda acumularse combustible o aceite lubricante en alguna parte del compartimento del motor.

Entre el compartimento del motor o cualquier otra fuente de calor y el resto del vehículo, deberá colocarse una pantalla de separación resistente al calor. Todas las mordazas, juntas, etc. utilizadas en unión con dicha pantalla de separación deberán ser resistentes al fuego.

Podrá instalarse en el compartimento de viajeros un dispositivo calefactor que funcione por un método distinto del de circulación de agua caliente, siempre que esté rodeado de material que resista las temperaturas que produzca el dispositivo, no emita gases tóxicos y esté situado de forma que los viajeros no puedan entrar en contacto con una superficie caliente.

5.4.2 Equipo e instalación eléctricos

Todos los cables deberán estar bien aislados y todos los cables y material eléctrico deberán resistir las condiciones de temperatura y humedad a las que estén expuestos. En cuanto al compartimiento del motor, se prestará especial atención a su resistencia a la temperatura ambiente y a los efectos de todos los posibles productos contaminantes.

Ninguno de los cables utilizados en los circuitos eléctricos deberá transmitir una corriente de intensidad superior a la admisible para el cable en cuestión, habida cuenta de su forma de montaje y de la temperatura ambiente máxima.

Cada circuito eléctrico que alimente un elemento del sistema distinto del motor de arranque, el circuito de encendido (encendido por chispa), las bujías de incandescencia, el dispositivo de parada del motor, el circuito de carga y la conexión a tierra de la batería, deberá ir provisto de un fusible o de un disyuntor. No obstante, podrán ir protegidos por un fusible o un disyuntor comunes, siempre que su potencia nominal no sobrepase los 16 A.

Todos los cables deberán ir bien protegidos y firmemente fijados, de manera que no puedan ser dañados por cortes, abrasiones o roces.

Cuando la tensión eficaz supere los 100 voltios en uno o más de los circuitos eléctricos del vehículo, se conectará un conmutador manual de aislamiento, capaz de desconectar dichos circuitos de la alimentación eléctrica principal, a todos los polos que no vayan conectados eléctricamente a tierra, situándolo en el interior del vehículo de modo que el conductor pueda acceder fácilmente a él, todo ello, siempre que dicho conmutador de aislamiento no pueda desconectar ninguno de los circuitos eléctricos que alimentan las luces exteriores obligatorias del vehículo. No obstante, esto no será aplicable cuando se trate de circuitos de encendido de alta tensión o de circuitos autónomos incorporados a un elemento de equipo en el vehículo.

Todos los cables eléctricos estarán colocados de tal forma que ninguna parte de los mismos pueda entrar en contacto con ningún tubo de carga de combustible ni con ninguna parte del sistema de escape, ni pueda estar sometida a calor excesivo, a menos que vayan provistos de aislamiento y protección especial, por ejemplo en el caso de una válvula de escape de solenoide.

5.4.3 Baterías

La batería debe estar sólidamente fijada y fácilmente accesible.

El compartimiento de batería estará separado del habitáculo destinado a los viajeros y del habitáculo del conductor y contará con ventilación por aire del exterior.

Los polos de la batería irán provistos de protección contra el riesgo de cortocircuito.

5.4.4 Extintores de incendios y botiquín de primeros auxilios

Se preverá espacio para uno o más extintores de incendios, de los cuales, al menos uno estará colocado en las proximidades del asiento del conductor.

Se preverá espacio para uno o más botiquines de primeros auxilios. El espacio reservado para el mismo no deberá ser inferior a 7 dm³ ni su dimensión mínima inferior a 80 mm.

Los extintores de incendios y el botiquín de primeros auxilios podrán ser protegidos contra el robo o los actos vandálicos (situándolos, por ejemplo, dentro de una taquilla o detrás de un cristal rompible), siempre que estén suficientemente señalizados y diseñados para que las personas puedan extraerlos fácilmente en caso de emergencia.

5.4.5 Materiales

No se permitirá la presencia de materiales inflamables a menos de 100 mm del sistema de escape o de cualquier otra fuente importante de calor a no ser que dichos materiales estén debidamente protegidos. Cuando sea necesario, el sistema de escape y otras fuentes importantes de calor deberán contar con protección específica para evitar que entren en contacto con grasa u otros materiales inflamables. A los efectos del presente punto, se entiende por material inflamable todo el que no esté diseñado para resistir las temperaturas que puedan darse en esos sitios.

5.5 Salidas

5.5.1 Número de salidas

El número mínimo de puertas en un vehículo será de dos, que podrán ser o dos de servicio o una salida de servicio y una de emergencia.

5.5.2 Localización de las salidas

Las puertas del vehículo deben estar situadas en el lado del vehículo próximo al borde de la calzada correspondiente a la dirección del tráfico en el país en el que vaya a matricularse el vehículo para su explotación y una de ellas (lado derecho del vehículo); como mínimo, debe estar situada en la mitad delantera del vehículo.

5.5.3 Dimensiones mínimas de las salidas

Altura de entrada: 1650 mm

Anchura: 650 mm

5.5.4 Requisitos técnicos para todas las puertas de servicio

Toda puerta de servicio debe poder abrirse fácilmente desde el interior y desde el exterior del vehículo cuando éste se halle parado (pero no necesariamente cuando el vehículo esté en movimiento). No obstante, este requisito no debe interpretarse como excluyente de la posibilidad de bloquear la puerta desde fuera, con la condición de que pueda ser abierta siempre desde dentro.

Todos los mandos o dispositivos de apertura de una puerta de servicio desde el exterior deberán hallarse a una distancia del suelo de entre 1000 y 1500 mm y a 500 mm como máximo de la puerta.

Las puertas de servicio con bisagras o pivotantes de una sola pieza y de accionamiento manual deben estar montadas de tal forma que tiendan a volver a cerrarse cuando entren en contacto con un objeto inmóvil mientras el vehículo avance.

Si una puerta de accionamiento manual está equipada con un sistema de bloqueo por simple cierre éste deberá ser del tipo de dos tiempos.

El interior de la puerta de servicio no debe incluir ningún dispositivo destinado a recubrir los escalones interiores cuando la puerta esté cerrada. Ello no excluye la presencia en la huella del escalón, cuando la puerta esté cerrada, del mecanismo de cierre y de otros dispositivos fijados en el interior de la puerta que no formen una extensión del piso en el que puedan estar de pie los viajeros. Tal mecanismo y tales dispositivos no deben presentar peligro para los viajeros.

Cada puerta que abra hacia el interior del vehículo y su mecanismo estará concebida de modo que, al moverse, no sea probable que cause daño a los viajeros en condiciones normales de uso. Cuando sea necesario, se instalarán sistemas de protección adecuados.

5.5.5 Requisitos técnicos complementarios para las puertas de servicio automáticas

Los mandos de apertura de todas las puertas de servicio automáticas deben poder ser activados y desactivados únicamente por el conductor desde su asiento.

La activación de los mandos de apertura por el conductor debe señalarse en el interior y, cuando una puerta pueda ser abierta desde el exterior, también en el

exterior del vehículo; el indicador (por ejemplo un botón luminoso, una señal luminosa) estará colocado sobre la puerta a que se refiere o próximo a ella.

Después de la activación por el conductor de los mandos de apertura, los viajeros deben poder abrir la puerta como sigue:

- Desde el interior, por ejemplo presionando un botón o atravesando una célula fotoeléctrica.
- Desde el exterior, salvo en el caso de una puerta destinada solamente a ser utilizada como salida e identificada como tal, por ejemplo pulsando un botón luminoso, un botón debajo de una señal luminosa o un dispositivo semejante, provisto de las instrucciones adecuadas.

En el caso objeto de estudio, el autobús no deberá cerrar sus puertas automáticamente tras un periodo de tiempo preestablecido, debiendo permanecer abiertas cuando el vehículo está siendo usado para su finalidad. El conductor debe poder anular el proceso de cierre automático accionando un mando especial.

5.5.6 Marcas

Los mandos de emergencia de las puertas de servicio deben señalizarse como tales, en el interior y en el exterior del vehículo, mediante un símbolo representativo o un letrero de clara redacción y en el idioma del país en el que se comercialice el vehículo, en nuestro caso en castellano.

En todo mando de una salida de emergencia, o en sus proximidades, deben fijarse instrucciones claras sobre la manera de accionarlo.

5.6 Acondicionamiento interior

5.6.1 Accesos a las puertas de servicio

El espacio libre que se extiende entre la pared lateral en la que esté instalada la puerta y el interior del vehículo debe permitir el paso libre de un panel rectangular vertical de 20 mm de espesor, 400 mm de anchura y 700 mm de altura por encima del piso, al cual se superpone simétricamente un segundo panel de 550 mm de anchura (figura 5.6). La altura A de este segundo panel se ajustará a los requisitos aplicables a la clase de vehículo de que se trate. El doble panel debe mantenerse paralelamente a la abertura de la puerta en el curso de su desplazamiento desde su posición de partida, de forma que el plano de la cara más próxima al interior del vehículo sea tangencial al borde de la abertura situada más al exterior, hasta la posición donde toca al primer escalón, después de lo cual debe mantenerse perpendicularmente a la dirección probable de marcha de una persona que utilice tal acceso.

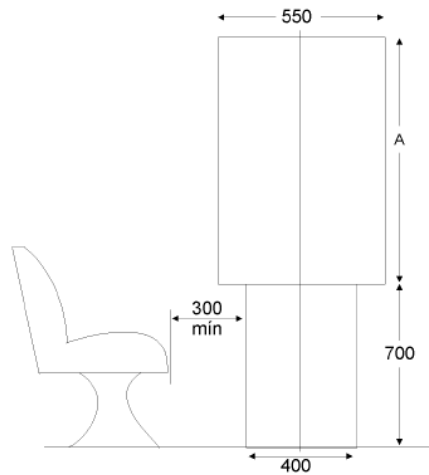


Figura 5. 6 Acceso a las puertas de servicio

La altura del panel rectangular superior será la que se fija en la Directiva 2001/85.

5.6.2 Pasillos

Los pasillos deberán estar concebidos y dispuestos de manera que permitan el paso libre de un dispositivo calibrador consistente en dos cilindros coaxiales, entre los cuales se intercalará un tronco de cono invertido; el dispositivo calibrador tendrá las dimensiones descritas en la figura 5.7, siendo $A=350$ mm, $C=550$ mm, $B=500$ mm, $H=199$ mm, según la Directiva a la que se hace referencia.

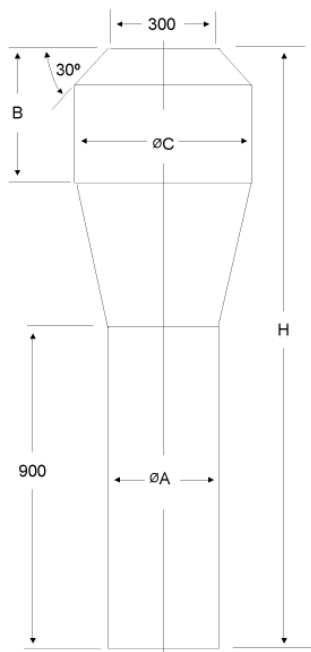


Figura 5. 7 Pasillos

5.6.3 Asientos de viajeros y espacio para viajero sentados

Las dimensiones mínimas de los asientos montados en el vehículo se especifican a continuación.

La anchura mínima del cojín de asiento (dimensión F en la figura 5.8) medida a partir de un plano vertical que pase por el eje de esta plaza deberá ser de 200 mm.

La anchura mínima del espacio disponible para cada plaza (dimensión G en la figura 6.8), medida a partir de un plano vertical que atraviese el eje de dicha plaza, a una altura comprendida entre los 270 y 650 mm por encima del cojín del asiento no comprimido, no deberá ser inferior a 225 mm.

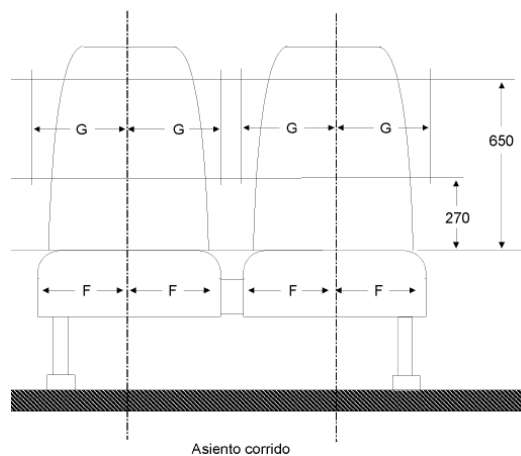


Figura 5. 8 Dimensiones de los asientos para viajeros

En los vehículos cuya capacidad no sobrepase los 22 viajeros, en el caso de los asientos adyacentes a la pared lateral del vehículo, el espacio disponible no incluye, en su parte superior, un área triangular de 20 mm de base y 100 mm de alto. Además, hay que considerar excluido el espacio necesario para los cinturones de seguridad y sus anclajes y para los parasoles.

La profundidad mínima del cojín de los asientos (dimensión K en la figura 5.9) será de 400 mm.

La altura del cojín no comprimido en relación con el piso (dimensión H en la figura 6.9) deberá ser tal que la distancia entre el piso y un plano horizontal tangencial a la parte delantera de la cara superior del cojín esté comprendida entre 400 y 500 mm; no obstante, esta altura podrá reducirse a no menos de 350 mm en la zona de los pasos de rueda y del compartimiento del motor.

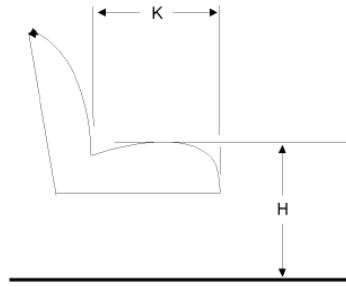


Figura 5. 9 Profundidad y altura de cojín

En los asientos orientados en el mismo sentido (véase la figura 5.10), la distancia mínima entre la cara delantera del respaldo de un asiento y la cara trasera del respaldo del asiento que le precede (dimensión H), medida horizontalmente y a cualquier altura comprendida entre el nivel de la cara superior del cojín y 620 mm por encima del piso, deberá ser como mínimo 680 mm.

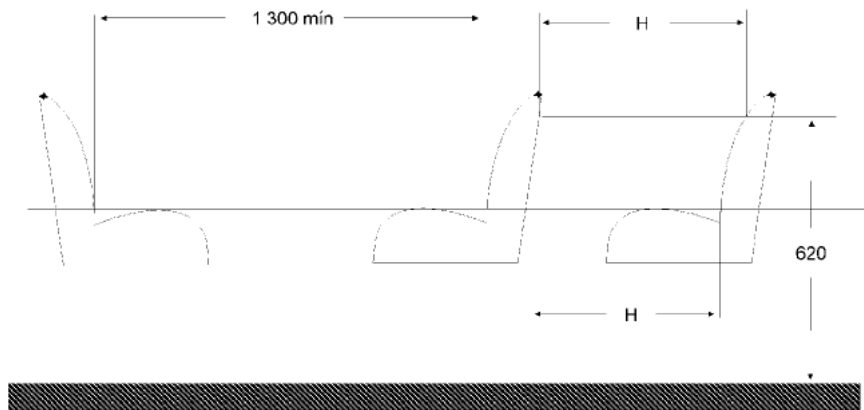


Figura 5. 10 Distancia entre asientos

Todas las dimensiones deben ser medidas con el cojín y el respaldo no comprimidos, en un plano vertical que pase por el eje longitudinal de cada plaza individual.

En el caso de asientos orientados frente a frente (figura 5.10), la distancia mínima entre las caras delanteras de los respaldos de los asientos enfrentados, medida transversalmente a la altura del vértice de los cojines, no será inferior a 1300 mm.

La medición se efectuará con los asientos reclinables para viajeros y los asientos ajustables para el conductor con el respaldo y otros ajustes del asiento en su posición normal de uso especificada por el fabricante.

Por encima de cada asiento y, salvo en el caso de los asientos de la fila delantera de los vehículos de hasta 22 viajeros, por encima del espacio correspondiente reservado para los pies, debe haber un espacio libre de al menos 900 mm de altura, medidos a

partir del punto más alto del cojín no comprimido y de 1350 mm desde el nivel medio del piso en el espacio reservado para los pies.

5.7 Iluminación artificial

Deberá preverse iluminación eléctrica interior apropiada para iluminar:

- Todos los compartimientos de viajeros, compartimientos de la tripulación y aseos.
- Los escalones o escaleras.
- Los accesos a las salidas y la zona contigua a las puertas de servicio.
- Las indicaciones interiores y los mandos interiores de todas las salidas.
- Todos los lugares donde existan obstáculos.

Habrà como mínimo dos circuitos de iluminación interior, de modo que la avería de uno de ellos no afecte al otro. Un circuito para la iluminación exclusiva de las entradas y salidas puede considerarse uno de tales circuitos.

Se tomarán las disposiciones adecuadas para que los deslumbramientos y reflejos causados por la iluminación artificial interior no molesten al conductor.

Esto se ha llevado a cabo siguiendo el informe de luminosidad realizado por ORNALUX S.A. y que está adjunto en el capítulo Anexos del documento.

5.8 Entretenimiento visual de los viajeros

Las formas de entretenimiento visual de los viajeros, por ejemplo los monitores de televisión o los vídeos, deberán situarse fuera del campo de visión del conductor, cuando éste esté sentado en su posición normal de conducción. Esto no se aplicará a los monitores de televisión o aparatos similares que utilice el conductor para el control o conducción del vehículo, por ejemplo para supervisar las puertas de servicio.

6 Presupuesto

En el presente capítulo se expondrá desarrollado el presupuesto de la reforma, ateniéndonos tanto a la compra de materiales y objetos necesarios como al coste de montaje. Se añade a su vez los gastos necesarios en gestión de documentos oficiales requeridos y el coste propio del desarrollo de dicho proyecto.

En primer lugar se desglosarán los costes propios de la elaboración del propio proyecto. Estos serán añadidos al importe final del presupuesto para el desarrollo y materialización del vehículo requerido. (Autobús de hemodonación).

6.1 Elaboración del proyecto

En sección se analizan los costes a los que ha dado lugar la elaboración de este proyecto, teniendo en cuenta los gastos de personal, así como de licencias de programas informáticos, equipos y material.

6.1.1 Gasto de personal

A continuación se determinan las horas que han sido dedicadas para el desarrollo del trabajo:

- Tiempo de desarrollo del proyecto: 2 meses
- Días laborables/mes: 20
- Horas laborables/día: 8
- Total horas computables máximas imputables al proyecto: 2 x 320
- Total horas imputables al proyecto: 175 (160 de Ing. Junior + 15 de Ing. Sénior)

Para el cálculo del coste de personal, se parte de la formación y de la experiencia de los integrantes del equipo de trabajo. Han participado en el desarrollo de este estudio un Ingeniero Industrial Junior (D. Mario Salas García) y un Ingeniero Industrial Sénior (D. M^a Beatriz Ramírez Berasategui).

En función de los datos anteriores y sabiendo que los salarios medios mensuales de un Ingeniero Industrial Junior y de un Ingeniero Industrial Sénior son, respectivamente, 2066,21€ y 3456,27€, en la tabla 6.1 se muestra el resumen de los gastos de personal.

Apellidos y nombre	Categoría	Dedicación (horas)	Coste mensual (€/mes)	Coste total (€/mes)
Ramírez Berasategui, M^a Beatriz	Ingeniero Senior	15	3456.27	324.06
Salas García, Mario	Ingeniero Junior	160	2066.21	2066.21

Tabla 6. 1 Resumen gastos de personal

6.1.2 Gastos en licencias y equipos de informática

Debe tenerse en cuenta que, a pesar de que el proyecto ha sido desarrollado a lo largo de 8 meses, algunas licencias se alquilan durante un año completo, por lo que se calculará la parte proporcional imputable al mismo.

Por otro lado, debe incluirse el coste generado por los equipos informáticos. Se han utilizado dos ordenadores: un PC y un sistema portátil. Para ambos se estimará la parte de amortización imputable.

De este modo, los gastos de licencias y equipos informáticos se resumen en la tabla 6.2.

Descripción	Coste total (€)	Período de utilización (Semanas)	Amortización imputable (%)	Coste imputable (€)
Licencia ANSYS v10	41710	4	35	1824.82
Licencia Solid Edge v19	9850	4	6	295.5
Licencia ED-Tridim	0	1	0	0
Licencia Microsoft Office 2010	379	8	24	22.74
Equipo informático sobremesa	1500	8	15	56.25
Equipo informático portátil	800	8	17	34
TOTAL	2233.31 €			

Tabla 6. 2 Resumen de licencias y equipos informáticos

6.1.3 Gastos adicionales

En la tabla 6.3 se muestran los gastos adicionales que no han sido considerados anteriormente.

CONCEPTO	COSTE (€)
Material de oficina	40
Desplazamientos	100
Impresión de documentos	100
Costes indirectos (2,5% de costes totales)	115.6
TOTAL	355.6

Tabla 6. 3 Gastos adicionales

6.1.4 Presupuesto final elaboración proyecto

Finalmente, en la tabla 6.4 se resume el presupuesto final de la elaboración del presente proyecto.

CONCEPTO	COSTE (€)
Gastos de personal	2390.28
Gastos en licencias y equipos informáticos	2233.31
Gastos adicionales	355.60
Margen de beneficios (10%)	553.24
TOTAL (Sin IVA)	5532.43
IVA (21%)	1161.81
TOTAL	6694.24

Tabla 6. 4 Presupuesto final elaboración proyecto

6.2 Producción de la hemoteca

Con el propósito de reducir el coste total del proyecto se han ajustado todos los conceptos a la realidad de su ejecución y como consecuencia, a su precio. En cualquier caso, la calidad de los resultados se mantiene.

Nº Orden	Descripción	Medición	Unidades	Precio	Subtotal	Importe
1 - PREPARACIÓN Y ADECUACIÓN DEL CHASIS						
	4 operarios especialistas		7 horas	28	784	
						<u>784€</u>
2 – CARROZADO						
	Carrozado		1	60000	60000	
	5 operarios especialistas		40 horas	28	5600	
						<u>65600€</u>
3 – ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR						
3.1 - REVESTIMIENTO						
	Chapa de acero galvanizado, laterales	1		570	570	
	Chapa delantera de acero galvanizado	1		937	937	
	Chapa trasera de acero galvanizado	1		739	739	
	Defensas delantera y trasera en poliester reforzado modelado	2		150	300	
	Guardabarros en pase de ruedas	4		12	48	
	Pintura y rótulos exteriores	1		1700	1700	
	Espejo retrovisor de regulación eléctrica, SEF S.L.	2		140	280	
	10 operarios	24 horas		10	2400	
	3 especialistas en acabado superficial	12 horas		30	1080	
						<u>8054€</u>
3.2 – VENTANAS						
	Ventanas laterales con cristal entero doble tintado, PROVENT	14		150	2100	
	Luna trasera, PROVENT	1		300	300	
	Parabrisas delantero panorámico laminado en verde y con sistema antivaho, PROVENT	1		370	370	
	Equipo limpiaparabrisas eléctrico, MICHELIN	1		115	115	
	Limpiaparabrisas de barrido panorámico, MICHELIN	1		70	70	
	2 operarios especialistas	8 horas		28	448	
						<u>3403€</u>

Nº Orden	Descripción	Medición	Unidades	Precio	Subtotal	Importe
3.3 – PUERTAS						
	Puerta eléctrica de acceso, MASATS	2		7500	15000	
	2 operarios especialistas	7 horas		28	392	
						<u>15392€</u>
4 - INSTALACIÓN ELÉCTRICA						
	Material de la instalación completa (cableado, interruptores,...)	1		450	450	
	Grupo electrógeno EGC12712	1		27000	27000	
	3 instaladores eléctricos	8 horas		28	672	
						<u>28122€</u>
4.1 – LUCES						
	Intermitentes y gálidos, VENEFARO	1		300	300	
	Faros halógenos, VENEFARO	2		142	284	
	Faros antiniebla delanteros, VENEFARO	2		78	156	
	2 instaladores eléctricos	7 horas		28	392	
						<u>1132€</u>
5 - INSTALACIÓN HIDRÁULICA						
	Depósito de 100 l (agua limpia ASTRAL)	1		50	50	
	Depósito de 100 l (agua sucia ASTRAL)	1		50	50	
	2 instaladores hidráulicos	10 horas		28	560	
						<u>660€</u>
6 – ACONDICIONAMIENTO INTERIOR						
6.1 – REVESTIMIENTO						
	Aislamiento térmico-acústico con espuma de poliuretano	1		190	190	
	Forado interior en laterales con estratificado melamínico	1		3200	3200	
	Salpicadero y cuadro de mandos en poliéster, VDV 234	1		3700	3700	
	Piso en tablero fenolítico	1		75	75	
	Pavimento de piso antideslizante y fácilmente limpiable	1		100	100	
	Techo, delantera y trasera en poliéster reforzado moldeado	1		100	100	
	Moqueta en maletero inferior	25 m ²		10	250	
	Puerta de separación entre secciones, KRONA	1		70	70	
	6 operarios especialistas	10 horas		28	1680	
						<u>9365€</u>

Nº Orden	Descripción	Medición	Unidades	Precio	Subtotal	Importe
6.2 - ILUMINACIÓN/CLIMATIZACIÓN/SONIDO						
	Plafones fluorescentes, HELLA S.A.	1		400	400	
	Consola de aire acondicionado frío-calor, A.A. AIRBUS (220v, 14000 frigorías/h)	3		700	2100	
	Precalentador con programador, A.A. AIRBUS	1		270	270	
	Radio CD con altavoces y micro, AUDIOBUS S.L.	1		1230	1230	
	Altavoz exterior oculto tras defensa, AUDIOBUS S.L.	1		150	150	
	3 instaladores eléctricos	6 horas		28	504	
						<u>4654€</u>
6.3 – MOBILIARIO						
	Butaca del conductor de suspensión neumática ISRI 6860 EASY	1		950	950	
	Asiento 2 plazas homologado, EMARKIEL	7		180	1260	
	Nevera GENERIC 220v	1		300	300	
	Camilla hidráulica de 3 cuerpos, QUIRUMED	4		2000	8000	
	Lavabo con grifo, ORTIZ	1		120	120	
	Estantería de acero inoxidable y frontal de aluminio, TRIDECOR	2		150	300	
	Armario-cajonera bajo sillones	4		35	140	
	Mesa abatible, TRIDECOR	1		20	20	
	Perchero, TRIDECOR	2		7	14	
	Mampara de separación, GABITECO	4		110	440	
	Extintor de 6 Kg homologado	2		60	120	
	Martillo de seguridad	3		10	30	
	Papelera con tapa de acero, TRIDECOR	2		20	40	
	Estor de material lavable, VETEXA	14		20	280	
	3 operarios especialistas	6 horas		20	360	
	3 operarios	6 horas		10	180	
						<u>12554€</u>
6.4 – EQUIPAMIENTO ESPECÍFICO						
	Esfigmomanómetro digital Corysan	4		60	240	
	Mezcladora de sangre Digisystem	3		37	111	
	Agitador de plaquetas Digisystem	3		47	141	
	Lector de signos vitales electrónico	2		150	300	
	Hemoglobínómetro	3		275	825	
	Balanza de extracción con sistema de captación de datos	4		800	3200	
	Soporte para balanza de extracción	4		75	300	
						<u>5117€</u>

Nº Orden	Descripción	Medición	Unidades	Precio	Subtotal	Importe
----------	-------------	----------	----------	--------	----------	---------

7 – VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DEL VEHÍCULO

2 especialistas con formación específica	4 horas	38	304	<u>304€</u>
--	---------	----	-----	--------------------

8 – LEGALIZACIÓN DE PROYECTO

Visado del Colegio de ingenieros	1	28	28	
Certificado del fabricante	1	150	150	
Revisión ITV	1	100	100	
				<u>278€</u>

9 – PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN

Preparación y adecuación del chasis		784
Carrozado		65600
Acondicionamiento exterior		26849
Instalación eléctrica		29254
Instalación hidráulica		660
Acondicionamiento interior		31690
Verificación y pruebas del vehículo		304
IVA	18%	27925
Legalización de proyecto		278
Presupuesto final elaboración proyecto		6694.24
Beneficio previsto empresa montaje		20000

PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN = 210038 €

Debido a la situación económica nacional actual, los precios de los proveedores han sido inferiores a los esperados inicialmente. Por ello se ha conseguido una reducción importante del presupuesto inicialmente estimado.

7 Planos

En el presente capítulo se disponen los planos básicos del vehículo, correspondientes con sus vistas exteriores, el acondicionamiento interno, la distribución eléctrica y el esquema eléctrico.

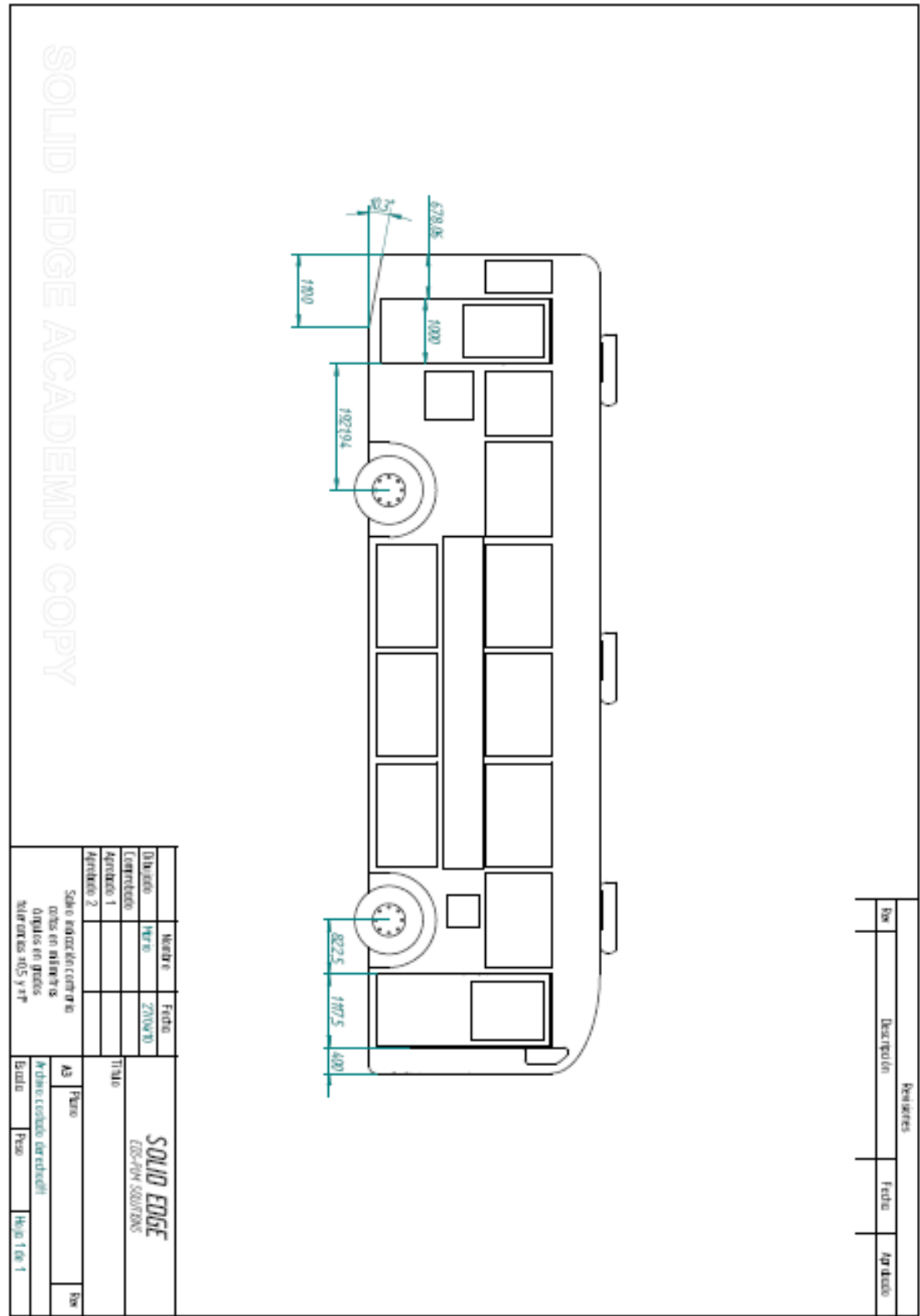


Figura 7. 1 Plano exterior lateral derecho

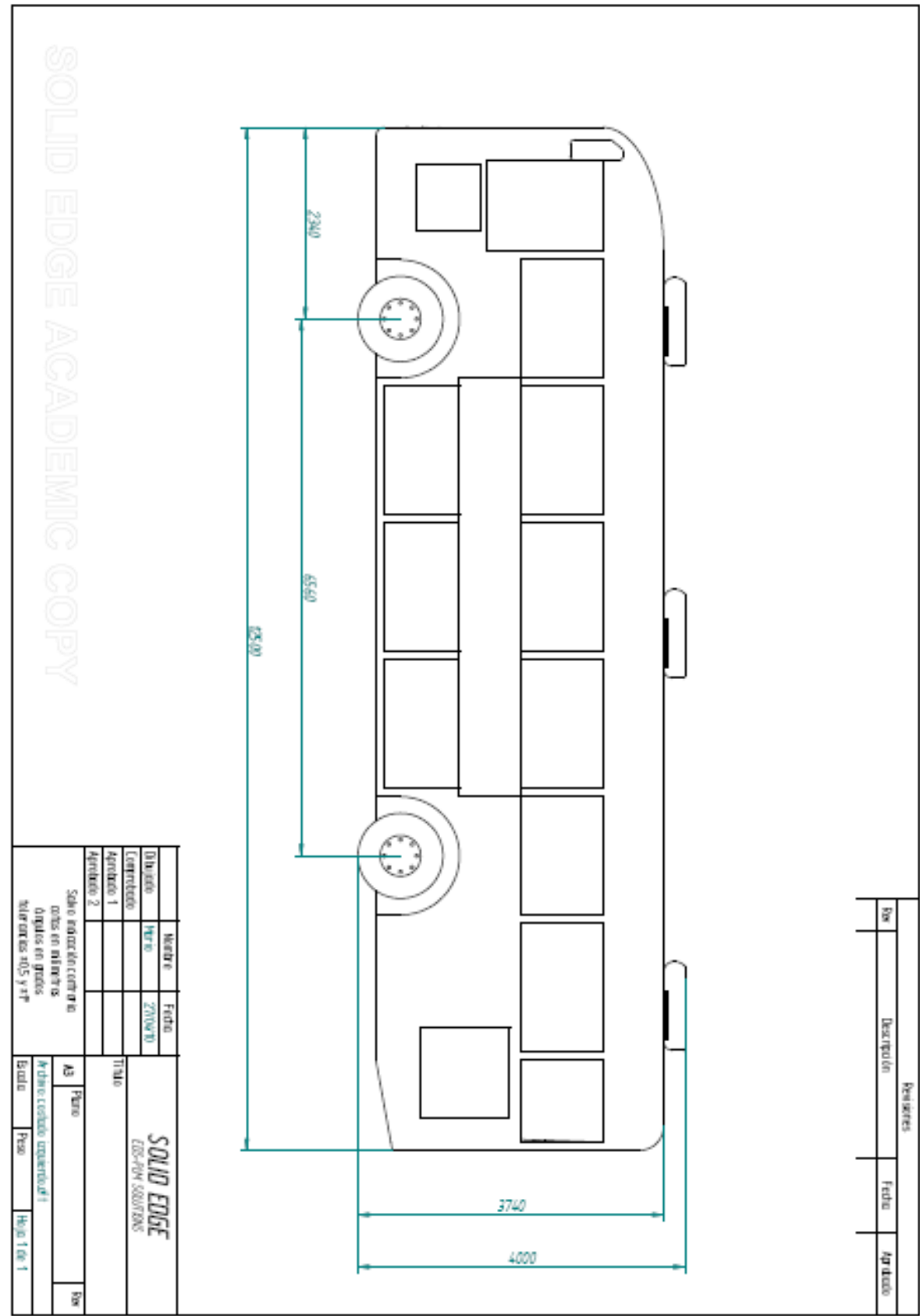
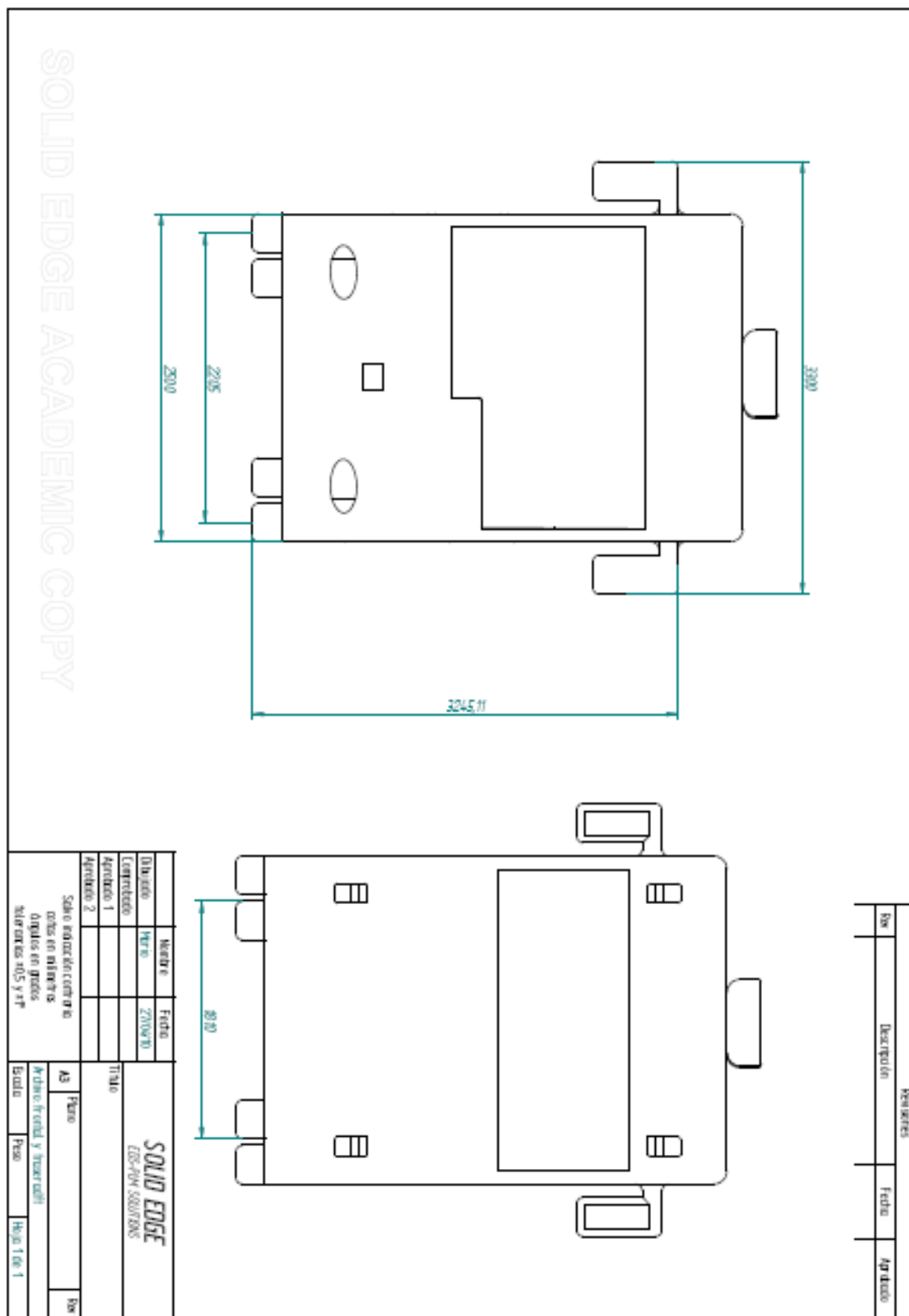


Figura 7. 2 Plano exterior lateral izquierdo



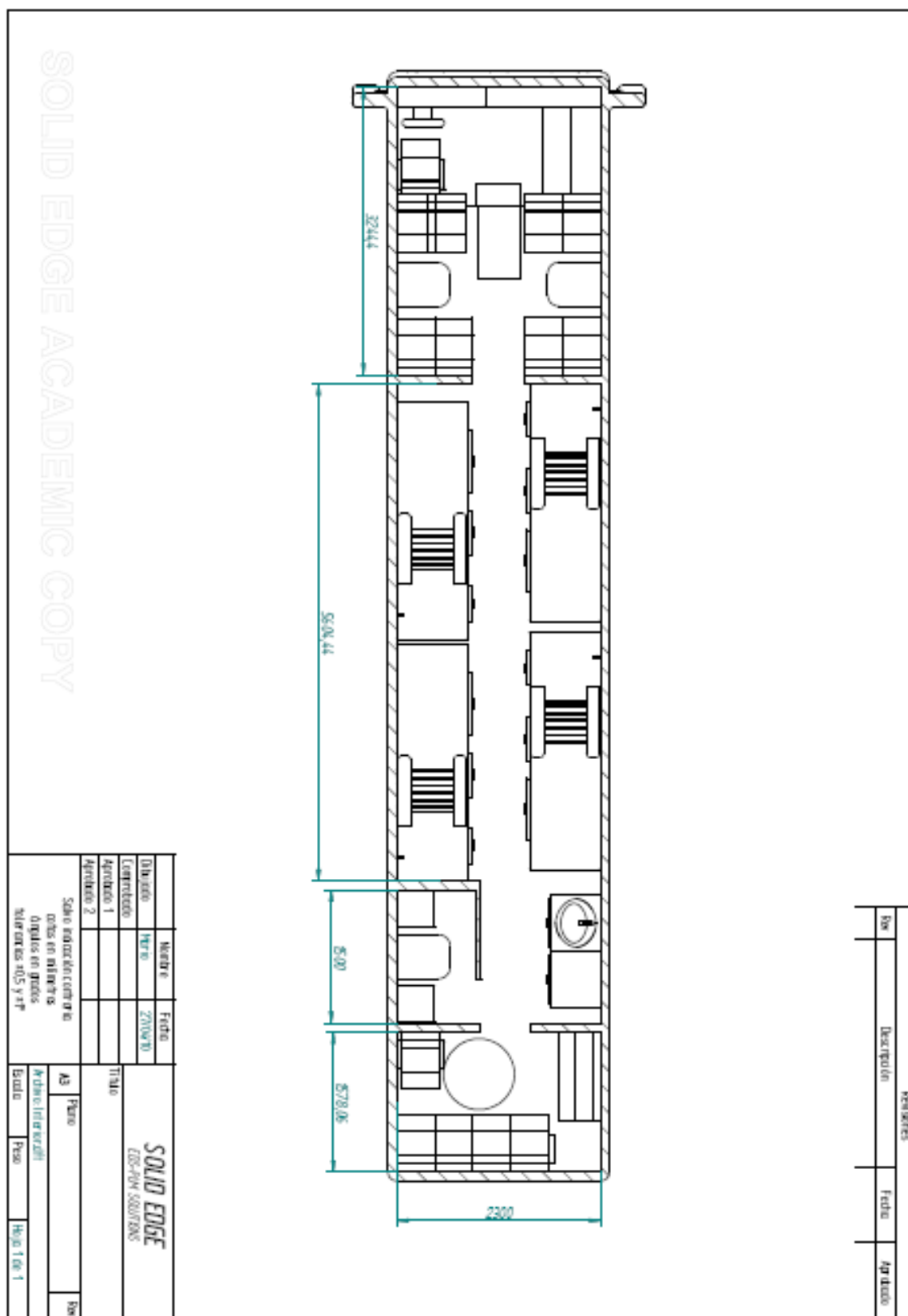


Figura 7. 4 Plano distribución acondicionamiento interior

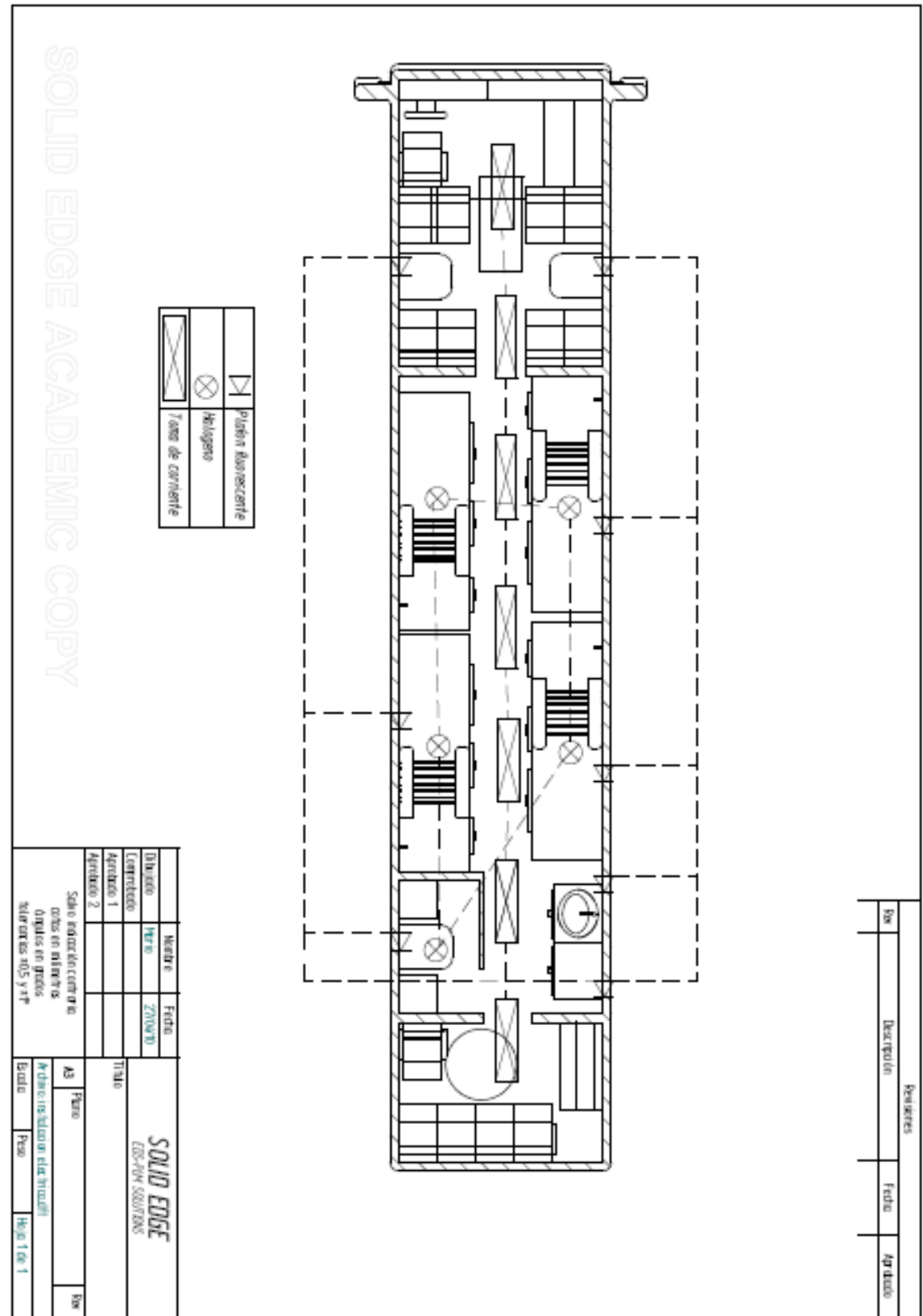


Figura 7. 5 Distribución sistema eléctrico

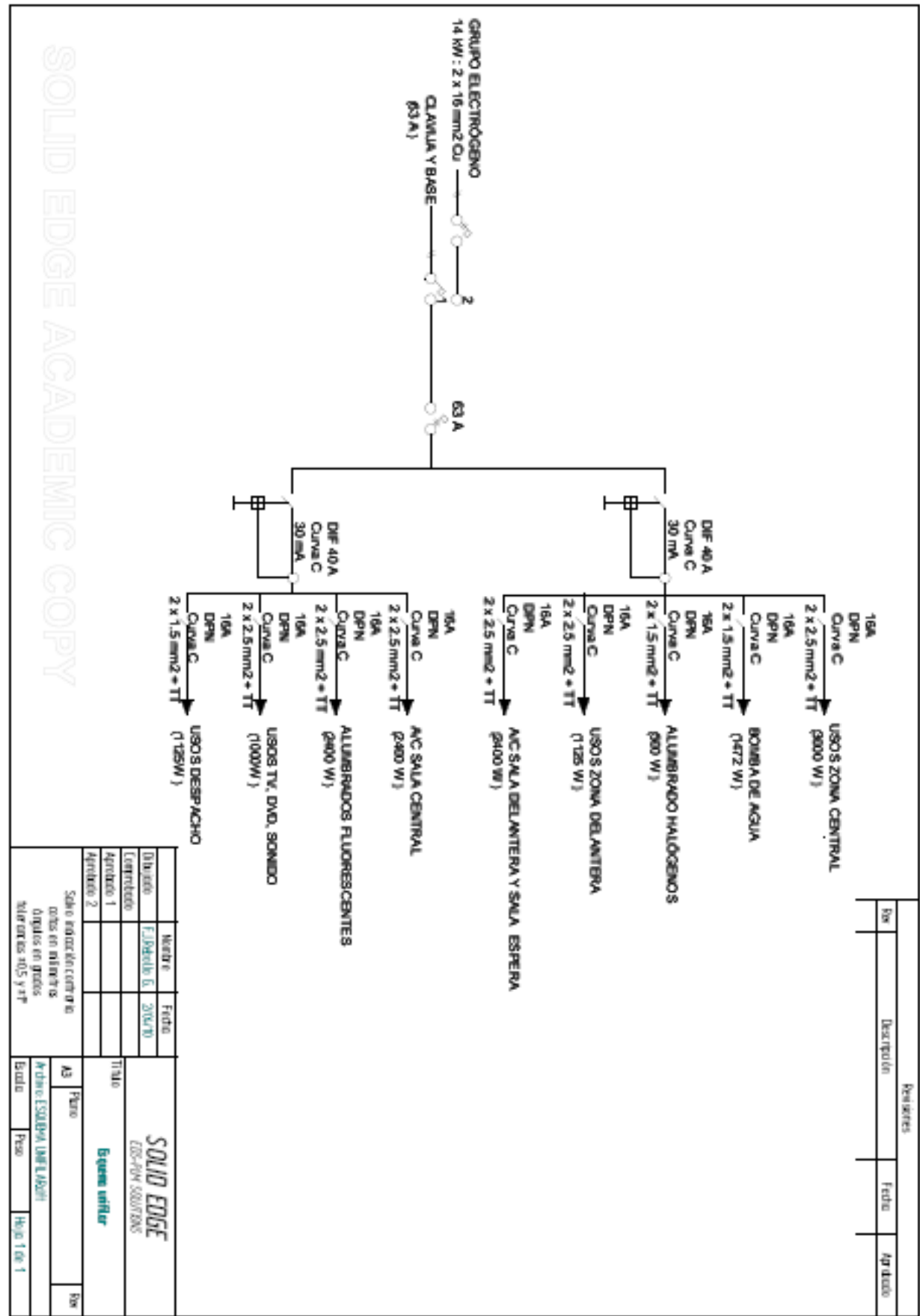


Figura 7. 6 Esquema eléctrico

8 Conclusiones

Durante todo el proceso de diseño de la unidad móvil de hemodonación se han realizado diversos cálculos para definir las características propias de la unidad diseñada. Se puede observar que prácticamente todos ellos son de carácter mecánico o relativos a la propia estructura del vehículo.

Esto es debido a la normativa existente, pues la normativa sanitaria apenas exige ningún cálculo de diseño, salvo las restricciones de luminosidad mínima cuando la unidad móvil se halla estacionada y realizando sus funciones sanitarias. Todos los requerimientos sanitarios hacen mención a los materiales utilizados, componentes necesarios y distribución del habitáculo interior.

Todo esto concluye en que una unidad móvil de hemodonación no difiere en gran medida de un autobús corriente de transporte de pasajeros. Pues esta no es más que un autobús corriente al cual se le ha modificado el mobiliario interior y se le ha añadido un generador eléctrico con su respectivo depósito de combustible y un sistema de suministro de agua con sus también respectivos depósitos.

Al tratarse de una unidad móvil que pretende hacer uso de las vías de circulación, ha de cumplir todos los requisitos que se le exigen a un automóvil normal. Aquí en donde se observa que todos los cálculos realizados son exactamente los mismos que para un autobús de transporte de pasajeros. Poseyendo ciertas características diferenciales debido al distinto reparto de pesos en la estructura.

Las mencionadas diferencias se observan advierten en las cargas principales, pues si para un autobús de transporte de pasajeros la carga declinante de las características del vehículo son esos mismos pasajeros, para la hemoteca, las cargas principales son los depósitos y el generador. La distribución de cargas de los pasajeros elevan la posición del centro de masas al encontrarse dispuestas todas ellas a mayor altura que el generador y depósitos de agua ubicados en la bodega de dicho vehículo, poseyendo mayor peso que el estimado para equipaje de pasajeros. El descenso del centro de masas otorga al vehículo mejores características dinámicas.

Esta notable mejora no supone mejoras económicas en la producción de esas unidades, pues sencillamente lo único que favorecen es que el vehículo posea mayor coeficiente de seguridad. Este hecho ha dado pie a una búsqueda de mejora en el rendimiento, ajustándose a los límites legislativos. El resultado es la instalación de un depósito extra sobre el techo del vehículo, el cuál eleva el centro de gravedad del mismo, hasta valores cercanos a los de un autobús de transporte de pasajeros.

De este modo, los resultados obtenidos para los cálculos de caracterización del vehículo de hemodonación son semejantes a los de un autobús corriente.

9 Bibliografía

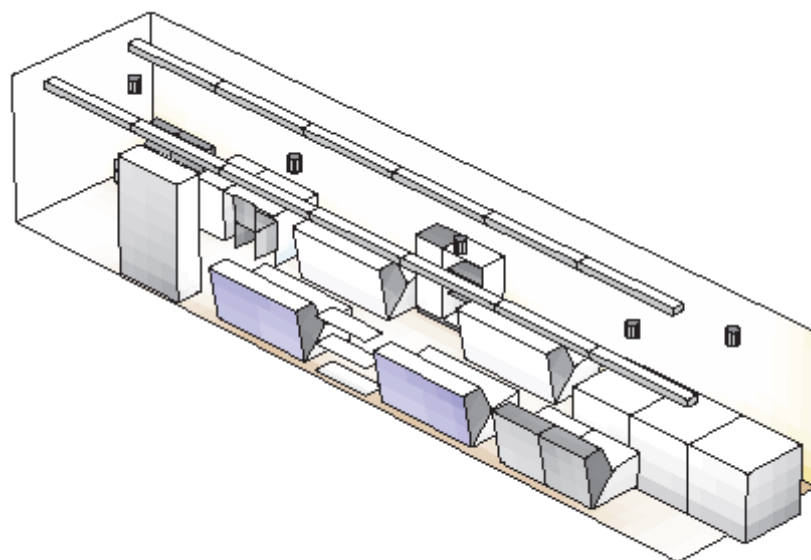
- [1] Calco, J.A., García-Pozuelo, D, Morales, M. *Apuntes de la asignatura LTIV*
- [2] Font Mezquita, J, Dols Ruiz, J.F. *Tratado sobre automóviles tomo IV*
- [3] Díaz López, Vicente. *Teoría de vehículos automóviles*
- [4] Gauchía Babé, Antonio. *TESIS DOCTORAL. Modelo de torsión de la superestructura de un autobús*
- [5] Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos (BOE)
- [6] MANUAL DE REFORMAS DE IMPORTANCIA
- [7] MANUAL DE ANSYS V12
- [8] Consejos del Ingeniero ABENGOZA PÉREZ DE BUSTOS, Israel. Departamento de Ingeniería y Desarrollo de TECNOVE.

Referencias páginas web

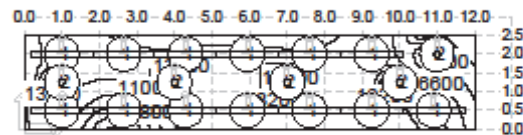
- [1] Federación española donante de sangre (Agosto 2013)
<http://www.donantesdesangre.net/menu.htm>
- [2] Cruz Roja Española (Agosto 2013)
<http://www.cruzroja.es/portada/>
- [3] Centro de hemoterapia y hemodonación Castilla y León (Agosto 2013)
<http://www.centrodehemoterapiacyl.com>
- [4] Centro regional de transfusión sanguínea de Córdoba (Agosto 2013)
<http://www.donantescordoba.org>

ANEXO

Unidad Móvil Hemodonación



Unidad Móvil Hemodonación



Factor de mantenimiento : 0.80

Dimensiones del local

Ancho : 2.50

Largo : 12.00

Altura : 2.20

Reflectancias

Suelo : 30

Pared : 50

Techo : 70

Plano de trabajo

Altura[m] : 1.50

Zona de pared: : 0.00

Iteraciones : 4

Rejilla [m] (X*Y) 0.25*0.25

W/m² : 999.0

Iluminancia lx

Valor medio : 11064

Máximo : 22117

Mínimo : 786

Uniformidad (g1) min/med 0.07

Diversidad (g2) min/max 0.04

Fabricante Luminaria	Número	Lámpara(s) Flujo : l	Ctd.
1 ORNALUX S.A UPLIGHT URT 258	URT258	16 x TLD 58W 86400 lm / 2272 W	13
2 ORNALUX S.A Downlight bañador de pared L-PAR	WBPAFH070	1 x PAR 30L 70W 40 4850 lm / 87 W	5

Unidad Móvil Hemodonación

Factor de mantenimiento : 0.80

Dimensiones del local

Ancho : 2.50

Largo : 12.00

Altura : 2.20

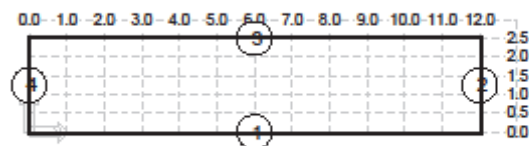
Plano de trabajo

Altura[m] : 1.50

Zona de pared: : 0.00

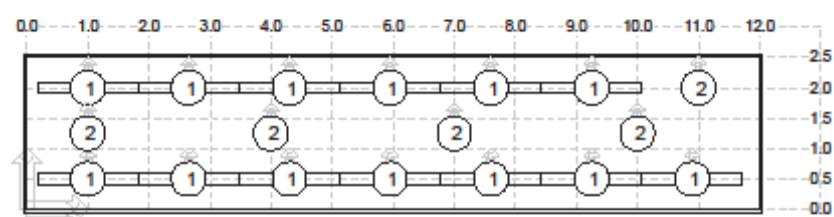
Iteraciones : 4

W/m² : 999.0



Area	Rejilla [m] X * Y	Rho %	Iluminancia lx			Uniformidad (g1) min/med	Diversidad (g2) min/max
			Valor medio	Máximo	Mínimo		
Plano de trabajo	0.25*0.25		11064	22117	786	0.07	0.04
Pared 1	0.25*0.24	50	3624	8745	120	0.03	0.01
Pared 2	0.25*0.24	50	2692	6305	413	0.15	0.07
Pared 3	0.25*0.24	50	4042	13470	213	0.05	0.02
Pared 4	0.25*0.24	50	4099	8881	485	0.12	0.05
Suelo	0.25*0.25	30	1946	4762	125	0.06	0.03
Techo	0.25*0.25	70	21197	53645	926	0.04	0.02

Unidad Móvil Hemodonación

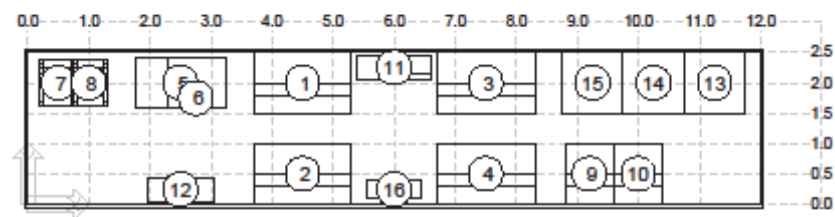


Tipo:	Ctd.	Luminaria	Fabricante	Lámpara(s)	Color	roto %
		Número		Lm total		
1	13	UPLIGHT URT 258	ORNALUX S.A	TLD 58W		61.0
		URT258		86400		
2	5	Downlight bañador de pared L-P/ORNALUX S.A		PAR 30L 70W 40		56.5
		WBPAPH070		4850		

Unidad Móvil Hemodonación

No.	Tipo:	Luminaria	X/m	Y/m	Z/m	rx°	ry°	rz°
1	1	UPLIGHT URT 258	1.00	0.50	1.97	0	0	0
2	1	UPLIGHT URT 258	2.65	0.50	1.97	0	0	0
3	1	UPLIGHT URT 258	4.30	0.50	1.97	0	0	0
4	1	UPLIGHT URT 258	5.95	0.50	1.97	0	0	0
5	1	UPLIGHT URT 258	7.60	0.50	1.97	0	0	0
6	1	UPLIGHT URT 258	9.25	0.50	1.97	0	0	0
7	1	UPLIGHT URT 258	10.90	0.50	1.97	0	0	0
8	1	UPLIGHT URT 258	1.00	2.00	1.97	0	0	0
9	1	UPLIGHT URT 258	2.65	2.00	1.97	0	0	0
10	1	UPLIGHT URT 258	4.30	2.00	1.97	0	0	0
11	1	UPLIGHT URT 258	5.95	2.00	1.97	0	0	0
12	1	UPLIGHT URT 258	7.60	2.00	1.97	0	0	0
13	1	UPLIGHT URT 258	9.25	2.00	1.97	0	0	0
14	2	Downlight bañador de pared L-PAR	1.00	1.25	1.97	0	0	0
15	2	Downlight bañador de pared L-PAR	4.00	1.25	1.97	0	0	0
16	2	Downlight bañador de pared L-PAR	7.00	1.25	1.97	0	0	0
17	2	Downlight bañador de pared L-PAR	10.00	1.25	1.97	0	0	0
18	2	Downlight bañador de pared L-PAR	11.00	2.00	1.97	0	0	0

Unidad Móvil Hemodonación

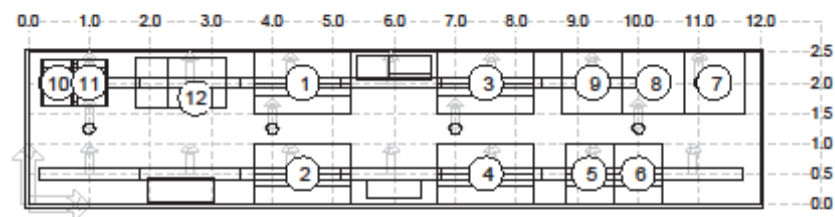


	Objeto	X/m	Y/m	Z/m	rx°	ry°	rz°
1	Object 0	4.50	2.00	0.00	0	0	0
2	Object 0	4.50	0.50	0.00	0	0	0
3	Object 0	7.50	2.00	0.00	0	0	0
4	Object 0	7.50	0.50	0.00	0	0	0
5	Object 1	2.50	2.00	0.00	0	0	0
6	Object 2	2.75	1.75	0.00	0	0	0
7	Object 3	0.50	2.00	0.00	0	0	0

Unidad Móvil Hemodonación

	Objeto	X/m	Y/m	Z/m	rx°	ry°	rz°
8	Object 3	1.00	2.00	0.00	0	0	0
9	Object 4	9.20	0.50	0.00	0	0	0
10	Object 4	10.00	0.50	0.00	0	0	0
11	Object 5	6.00	2.25	0.00	0	0	0
12	Object 6	2.50	0.25	0.00	0	0	0
13	Object 7	11.25	2.00	0.00	0	0	0
14	Object 7	10.25	2.00	0.00	0	0	0
15	Object 7	9.25	2.00	0.00	0	0	0
16	Object 8	6.00	0.25	0.00	0	0	0

Unidad Móvil Hemodonación



Posiciones	X/m	Y/m	Z/m	α°	UGR
1 Observador	4.50	2.00	1.20	0	-2.00
2 Observador	4.50	0.50	1.20	0	29.61
3 Observador	7.50	2.00	1.20	0	-2.00
4 Observador	7.50	0.50	1.20	0	29.58
5 Observador	9.20	0.50	1.20	0	29.94
6 Observador	10.00	0.50	1.20	0	28.97
7 Observador	11.25	2.00	1.20	0	-2.00
8 Observador	10.25	2.00	1.20	0	-2.00
9 Observador	9.25	2.00	1.20	0	-2.00

Cálculo Iluminación

0001.EPR

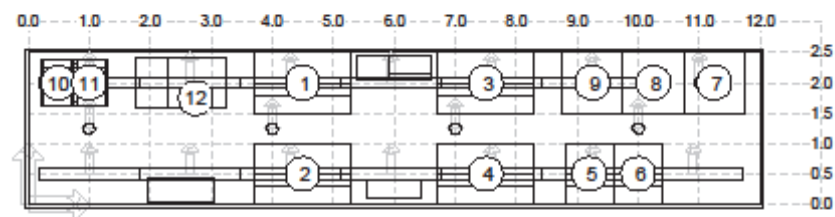
Página : 7

Avda. Metalurgia, 3, 33211 - GIJÓN (ESPAÑA)
 Tel +34 98 53 08 247 FAX +34 98 53 25 210

Ilugram 2.33a

ORNALUX S.A.

Unidad Móvil Hemodonación



Posiciones	X/m	Y/m	Z/m	rz°	UGR
1 Observador	4.50	2.00	1.20	0	-2.00
2 Observador	4.50	0.50	1.20	0	29.61
3 Observador	7.50	2.00	1.20	0	-2.00
4 Observador	7.50	0.50	1.20	0	29.58
5 Observador	9.20	0.50	1.20	0	29.94
6 Observador	10.00	0.50	1.20	0	28.97
7 Observador	11.25	2.00	1.20	0	-2.00
8 Observador	10.25	2.00	1.20	0	-2.00
9 Observador	9.25	2.00	1.20	0	-2.00

Cálculo Iluminación

0001.EPR

Página : 7

Avda. Metalurgia, 3, 33211 - GIJÓN (ESPAÑA)

Ilugram 2.33a

Tel +34 98 53 08 247 FAX +34 98 53 25 210

ORNALUX S.A.

Unidad Móvil de hemodonación / 0001

Dependencia única, Informe luminosidad

Índice UGR

Unidad Móvil Hemodonación

Posiciones	X/m	Y/m	Z/m	rz°	UGR
10 Observador	0.50	2.00	1.20	0	-2.00
11 Observador	1.00	2.00	1.20	0	-2.00
12 Observador	2.75	1.75	1.20	0	-2.00

Cálculo Iluminación

0001.EPR

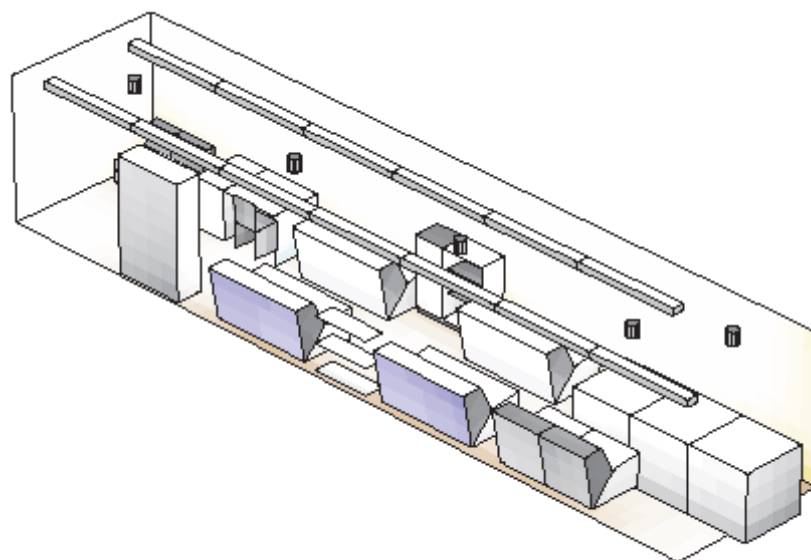
Página : 7

Avda. Metalurgia, 3, 33211 - GIJÓN (ESPAÑA)

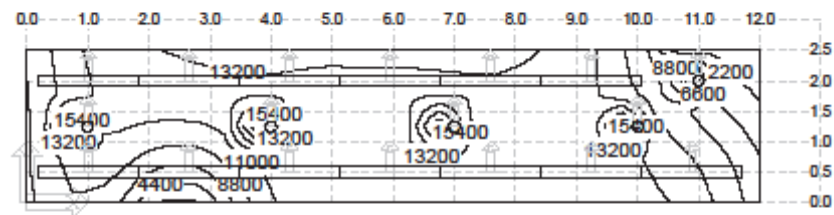
Ilugram 2.33o

Tel +34 98 53 08 247 FAX +34 98 53 25 210

ORNALUX S.A.

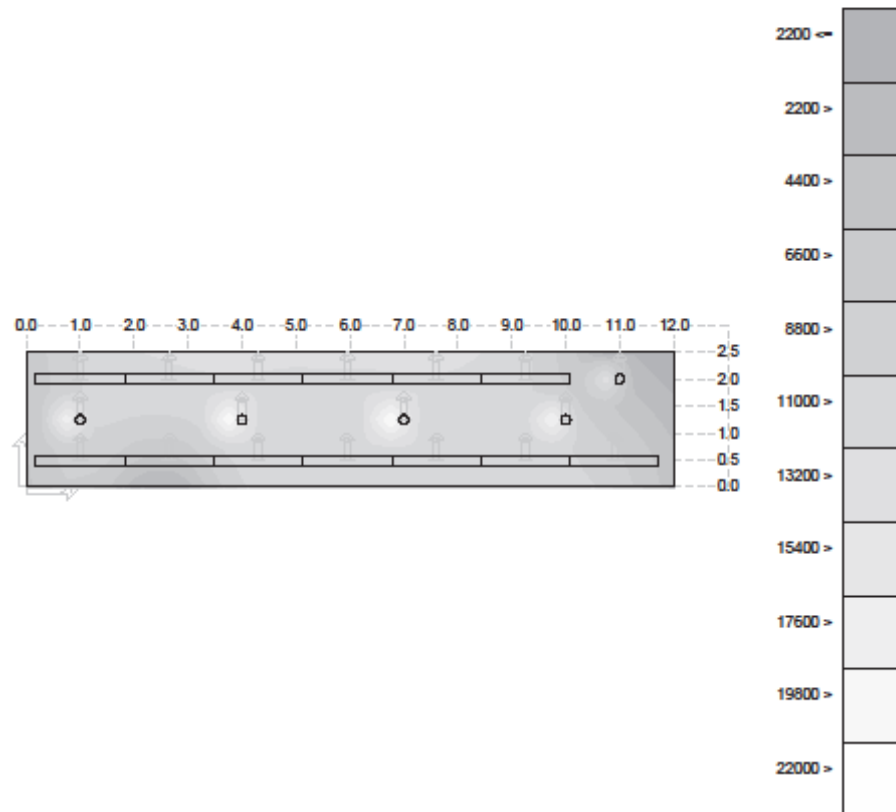


Unidad Móvil Hemodonación



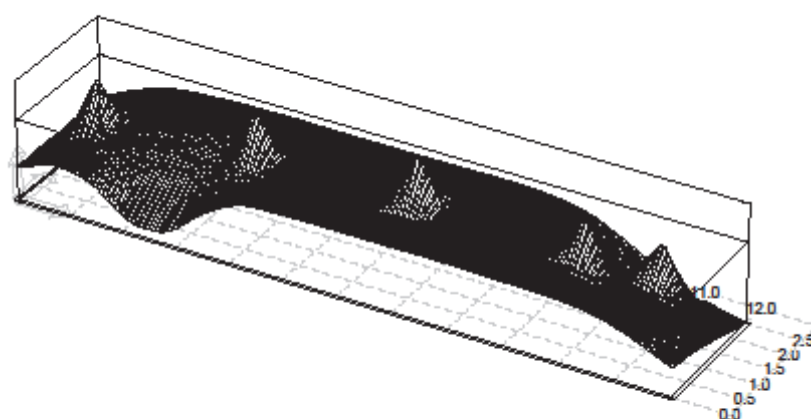
Area	Rejilla [m] X * Y	Iluminancia lx			Uniformidad (g1) min/med	Diversidad (g2) min/max
		Valor medio	Máximo	Mínimo		
Plano de trabajo	0.25*0.25	11064	22117	786	0.07	0.04

Unidad Móvil Hemodonación



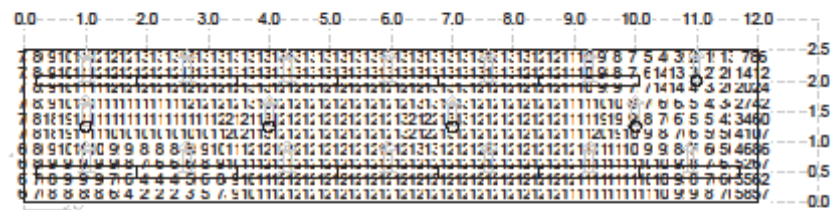
Area	Rejilla [m] X * Y	Iluminancia lx			Uniformidad (g1) min/med	Diversidad (g2) min/max
		Valor medio	Máximo	Mínimo		
Plano de trabajo	0.25*0.25	11064	22117	786	0.07	0.04

Unidad Móvil Hemodonación



Area	Rejilla [m] X * Y	Iluminancia lx			Uniformidad (g1) min/med	Diversidad (g2) min/max
		Valor medio	Máximo	Mínimo		
Plano de trabajo	0.25*0.25	11064	22117	786	0.07	0.04

Unidad Móvil Hemodonación



Area	Rejilla [m] X * Y	Iluminancia lx			Uniformidad (g1)		Diversidad (g2) mín/max
		Valor medio	Máximo	Mínimo	mín/med		
Plano de trabajo	0.25*0.25	11064	22117	786	0.07		0.04